XA
.R483

Per.4
Vol.37
1914

THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
PRO SCIENTIA POPULIQUE SALUTE
1891
LIBRARY

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE
DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE
VENDU EN 1922

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE
VENDU EN 1922

GENÈVE — SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'IMPRIMERIE
Rue de la Pélisserie, 18

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT DIX-NEUVIÈME ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME TRENTE-SEPTIÈME

CONSERVATOIRE BOTANIQUE VILLE de GENÈVE

LIBRARY NEW YORK BOTANICAL GARDEN

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

PARIS — H. LE SOUDIER, 174-176, Boul. St-Germain

LONDRES — DULAU & Cie, 37, Soho Square

NEW-YORK — G. E. STECHERT & Co, 151-155, W 25th Street

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG & Cie, A BALE

1914

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE
VENDU EN 1922

XA
.R483
Ser 4
Vol 37
1914

BASES PHYSIQUES

D'UNE

THÉORIE DE LA GRAVITATION

PAR

A. EINSTEIN

(Traduit de l'allemand par Edouard GUILLAUME)

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Parmi les acceptions de l'expression « *masse* d'un corps », il en est deux qui s'appliquent à des choses essentiellement différentes par leur définition même. D'une part, en effet, cette expression désigne le coefficient mesurant la résistance d'inertie du corps et, d'autre part, le coefficient caractéristique de l'action d'un champ de gravitation sur ce même corps. C'est un des faits expérimentaux les plus remarquables de la Physique, que ces deux masses, la masse inerte et la masse pesante, aient toujours exactement la même valeur.

Cette coïncidence a été démontrée de la façon la plus exacte par les recherches d'Eötvös[1]. A la surface de la Terre agissent deux forces dirigées, en général, différemment, et qui constituent ensemble le poids apparent du corps : l'une de ces forces, la pesanteur proprement dite, dépend de la masse pesante, l'autre, la force centrifuge, de la masse inerte. Par des mesures effectuées à l'aide de la balance de torsion, Eötvös a mis en évidence le fait que le rapport de ces deux forces était indépendant de la nature du corps. Ce physicien établit ainsi l'identité

AUG 7 - 1923

[1] B. Eötvös, *Math. und naturw. Ber aus Ungarn*, VIII, 1890; *Beibl.* 15, 688, 1891.

des deux masses avec une exactitude qui exclut des divergences relatives de l'ordre de 10^{-7}.

Ce fait d'expérience peut s'énoncer aussi en disant que, dans un champ de pesanteur, tous les corps tombent également vite. On en est naturellement conduit à penser qu'*un semblable* **champ** *peut être remplacé, quant à son action sur les phénomènes mécaniques et, plus généralement, sur les phénomènes physiques, par un* **état d'accélération** *convenable du corps de référence (système de coordonnées).*

Cette façon d'envisager les choses n'est pas une conséquence forcée de ce qui précède; mais, cette circonstance même lui confère une grande valeur heuristique. En effet, comme nous sommes en état de prévoir, par la théorie, la façon dont se comportent les phénomènes physiques par rapport à un système de référence en mouvement accéléré, nous pourrons, grâce à cette *Hypothèse d'Equivalence*, prévoir l'influence d'un champ gravitique sur ces phénomènes. Ensuite, l'étude expérimentale des conséquences auxquelles nous aurons été conduits, montrera jusqu'à quel point notre hypothèse était justifiée.

Nous citerons comme première conséquence de l'hypothèse d'équivalence le fait que la vitesse avec laquelle un phénomène physique quelconque se déroule dans un champ gravitique, est d'autant plus petite que le potentiel de gravitation à l'endroit considéré est plus petite. Pour cette raison, les lignes spectrales de la lumière solaire, par exemple, doivent être légèrement déplacées vers le rouge par rapport aux lignes correspondantes des sources terrestres. Le déplacement est d'environ deux millionièmes de la longueur d'onde.

Ensuite, nous avons une autre conséquence de l'hypothèse d'équivalence — conséquence d'une portée fondamentale — dans le fait qu'un rayon lumineux subit une courbure lorsqu'il passe dans un champ gravitique. Par exemple, lorsqu'un rayon lumineux passe dans le voisinage du soleil, la courbure atteint $0''84$, quantité qui n'est pas inaccessible à l'expérience.

Cette conséquence entraîne la suivante : la vitesse de la lumiere dans un champ de gravitation *ne peut pas être constante,* mais doit varier avec le lieu. Ceci nous oblige à généraliser les notions de temps et d'espace de la théorie ordinaire de la Rela-

tivité, puisque celle-ci est fondée sur le postulat de la « constance de la vitesse de la lumière ». [1]

D'après la théorie ordinaire de la relativité, un point matériel isolé, se meut uniformément en ligne droite conformément à la condition :

$$\delta\left(\int ds\right) = 0,$$

où

$$ds^2 = -\,dx^2 - dy^2 - dz^2 + c^2dt^2,$$

c étant la vitesse de lumière supposée constante.

Or, de l'hypothèse d'équivalence, on peut déduire que, dans un cas particulier d'un champ de gravitation *statique,* un point matériel se meut conformément à la condition ci-dessus, pourvu toutefois que c ne soit plus envisagé comme une constante, mais soit une certaine fonction du lieu, déterminée par le potentiel gravitique. De ce cas spécial, on peut passer à un cas plus général en prenant des systèmes de référence en mouvement et en effectuant des transformations de coordonnées. [2]

On est ainsi conduit à voir que la seule généralisation de la loi de mouvement donnée ci-dessus, satisfaisante au point de vue de la théorie des invariants, consiste à prendre pour « élément de ligne ds », la forme :

$$ds^2 = \sum_{ik} g_{ik}dx_i dx_k \qquad (i, k = 1, 2, 3, 4)$$

où les g_{ik} sont des fonctions x_1, x_2, x_3, x_4, les trois premières, des coordonnées, la dernière, du temps, et où l'équation du mouvement a de nouveau la forme :

$$\delta\left(\int ds\right) = 0.$$

[1] Il est à peine besoin de faire remarquer que cette variabilité de la vitesse de la lumière, est essentiellement différente de celle que postulait W. Ritz dans son Electrodynamique et que nous avons montrée être en contradiction avec le Principe de Carnot. (*Archives*, nov. et *C. R.*, 8 déc. 1913). N. du Tr.

[2] Nous postulons par là que nous aurons une représentation également justifiée d'un phénomène, en rapportant celui-ci à un système de référence en mouvement. En cela, nous restons dans l'idée fondamentale de la théorie de la relativité.

Si l'on considère que, de cette façon, au lieu de l'élément de ligne :

$$ds^2 = \sum_i dx^2_i$$

de la théorie de la relativité, on a, comme invariant, le scalaire :

$$ds^2 = \sum_{ik} g_{i,k} dx_i dx_k$$

on voit tout de suite comment on peut parvenir à une généralisation de la théorie de la relativité qui comprenne la gravitation introduite par l'hypothèse d'équivalence.

Tandis que dans la théorie de la relativité, les équations physiques sont rendues indépendantes du système de référence choisi, en postulant que l'invariant fondamental est l'élément de ligne :

$$ds^2 = \sum_i dx^2_i,$$

dans la théorie cherchée, l'élément de ligne le plus général :

$$ds^2 = \sum_{ik} g_{ik} dx\, dx_k$$

devra jouer le rôle d'invariant fondamental. Les notions d'analyse vectorielle nécessaires à cet effet sont données par les méthodes du Calcul différentiel absolu [1], qui seront exposées par M. Grosmann dans l'article suivant.

De ce qui a été dit plus haut, il résulte que les 10 quantités désignées par g_{ik} caractérisent le champ de gravitation. Elles remplacent le potentiel gravitique scalaire φ de Newton et forment le tenseur covariant fondamental de second rang du champ. L'importance physique de ces quantités g_{ik} provient entre autre du fait qu'elles déterminent la grandeur des échelles et la marche des horloges.

Les méthodes du Calcul différentiel absolu permettent, étant données les équations d'un domaine physique quelconque, comme celles de la théorie de la relativité, d'établir les équations qui conviennent à la nouvelle théorie. Dans ces dernières, les composantes g_{ik} du champ de gravitation apparaissent toujours. Cela signifie physiquement que les équations donnent

[1] Ricci et Levi-Cività, Méthodes de calcul différentiel absolu et leurs applications, *Math. Ann.* 54, 125, 1900.

toujours l'influence du champ gravitique sur les phénomènes du domaine physique étudié. Comme exemple simple, nous pouvons citer la loi du mouvement d'un point matériel.

Nous nous bornerons à formuler la loi la plus générale que la Physique théorique connaisse : la loi qui, dans la théorie de la relativité, correspond à la conservation de la quantité de mouvement et à la conservation de l'énergie. Dans la théorie de la relativité, il y a, comme on sait, un tenseur symétrique T_{ik} dont les composantes donnent les composantes de la tension, celles de la quantité de mouvement, celle de la densité du flux d'énergie et de la densité d'énergie. Ces quantités peuvent être calculées pour un domaine physique quelconque. Les principes de la conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie sont contenus dans les équations :

$$\sum \frac{\partial T_{\sigma\nu}}{\partial x_\nu} = 0 \qquad (\sigma = 1, 2, 3, 4) \tag{1}$$

car on peut obtenir, en intégrant ces équations par rapport aux coordonnées spatiales sur tout le système, les équations :

$$\frac{d}{dt}\left(\int T_{\sigma 4}\, d\tau\right) = 0 \tag{1a}$$

qui expriment la conservation. Dans ces équations, $d\tau$ est un élément de volume à trois dimensions.

Dans la théorie généralisée, à ces équations correspondent les suivantes :

$$\sum_\nu \frac{\partial \mathfrak{T}_{\sigma\nu}}{\partial x_\nu} = \frac{1}{2} \sum_{\mu\tau} \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} \gamma_{\mu\tau} \mathfrak{T}_{\tau\nu} \qquad (\sigma = 1, 2, 3, 4) \tag{2}$$

où

$$\mathfrak{T}_{\sigma\nu} = \sqrt{-g} \sum_\mu g_{\sigma\mu} \Theta_{\mu\nu}$$

g est le déterminant $|g_{ik}|$; $\gamma_{\mu\tau}$, le déterminant mineur adjoint à $g_{\mu\tau}$ et divisé par g. $\Theta_{\mu\nu}$ est le tenseur contravariant symétrique de second rang, qui est caractéristique pour les échanges énergétiques du domaine considéré. Les quantités $\mathfrak{T}_{\sigma\nu}$ ont ici la même signification physique que les quantités $T_{\sigma\nu}$ dans la théorie de la relativité. Elles ne contiennent pas les composantes de l'énergie de tension du champ gravitique.

Les seconds membres de l'équation (2) disparaissent lorsque

les quantités $g_{\alpha\nu}$ sont constantes, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a pas de champ de gravitation. L'équation (2) devient alors identique à l'équation (1), et peut se mettre sous la forme (1a) qui exprime la conservation. Autrement dit, le phénomène matériel considéré remplit, à lui seul, les conditions de conservation. Par contre, si les $g_{\alpha\nu}$ sont variables, c'est-à-dire s'il y a un champ gravitique, le second membre de l'équation (2), exprime l'influence énergique du champ sur le phénomène matériel. Il est clair, dans ce cas, qu'aucune loi de conservation ne peut être déduite sans autre de l'équation (2), puisque les composantes de l'énergie de tension du phénomène matériel ne peuvent, à elles seules, c'est-à-dire sans celles du champ de gravitation, satisfaire à des principes de conservation.

La méthode esquissée jusqu'ici montre comment il est possible d'établir les équations d'un phénomène physique quelconque, en tenant compte de l'influence d'un champ gravitique. Mais, ceci ne nous donne pas encore la solution du problème principal de la théorie de la gravitation, c'est-à-dire les valeurs des quantité g_{ik} lorsqu'on suppose les phénomènes donnés. (Y compris les phénomènes électriques). Pour cela, il faut trouver la généralisation de l'équation de Poisson :

$$\Delta\varphi = 4\pi K\rho \tag{3}$$

Voici comment on y parvient.

On considère, d'une part, la proportionnalité entre l'énergie et la masse inerte que donne la théorie de la relativité et, d'autre part, la proportionnalité entre la masse inerte et la masse pesante, que fournit l'expérience. Ces proportionnalités nous montrent nécessairement que les grandeurs déterminatives des actions gravitiques doivent être les mêmes que celles régissant les échanges énergitiques du système. De là, il suit que la densité ρ de l'équation (3) doit être remplacée, dans les équations cherchées, par le tenseur $\mathfrak{T}_{\alpha\nu}$. On parvient ainsi à des équations qui expriment l'égalité de deux tenseurs, dont l'un sera le tenseur donné $\mathfrak{T}_{\alpha\nu}$, tandis que l'autre s'obtiendra par des différenciations effectuées sur le tenseur fondamental $g_{\alpha\nu}$.

On est ainsi amené à constater que le principe de la conservation de la quantité de mouvement et le principe de la conser-

vation de l'énergie, permettent de trouver la forme des équations cherchées. En effet, nous avons déjà fait remarquer que le phénomène matériel considéré ne pouvait satisfaire à lui seul aux principes de conservation. Mais, ces principes doivent être en tous cas satisfaits si l'on considère en même temps le phénomène et le champ gravitique. Cela signifie que nous devrons avoir 4 équations de la forme :

$$\sum_{\nu} \frac{\partial}{\partial x_\nu} (\mathfrak{T}_{\sigma\nu} + \mathfrak{t}_{\sigma\nu}) = 0 \qquad (\sigma = 1, 2, 3, 4) \tag{4}$$

Les $\mathfrak{t}_{\sigma\nu}$ caractérisent les composantes de l'énergie de tension du champ de gravitation, comme les quantités $\mathfrak{T}_{\sigma\nu}$ caractérisent celles du phénomène matériel. En particulier, les tenseurs $\mathfrak{T}_{\sigma\nu}$ et $\mathfrak{t}_{\sigma\nu}$ doivent avoir les mêmes caractères d'invariance.

On a pu, d'autre part, montrer d'une façon générale que les équations qui déterminent complètement le champ de gravitation ne peuvent être covariantes par rapport à n'importe quelle substitution. Ce fait capital est d'autant plus remarquable que toutes les autres équations, comme, par exemple, les équations (2), possèdent un même caractère général de covariance. Conformément à ce fait, il suit que les équations (4) postulées, ne doivent pas être covariantes par rapport à des substitutions de forme quelconque, mais seulement par rapport à des substitutions *linéaires*. C'est là encore une condition à laquelle doivent satisfaire les équations cherchées. Enfin, en posant que ces équations doivent, par certaines spécialisation et approximation, se réduire à l'équation de Poisson, on est en mesure d'écrire les équations bien déterminées du champ de gravitation.

Voici ces équations :

$$\sum_{\alpha\beta\mu} \frac{\partial}{\partial x_\alpha} \left(\sqrt{-g}\, \gamma_{\alpha\beta} g_{\sigma\mu} \frac{\partial \gamma_{\mu\nu}}{\partial x_\beta} \right) = \varkappa (\mathfrak{T}_{\sigma\nu} + \mathfrak{t}_{\sigma\nu}) \tag{5}$$

$$(\sigma, \nu = 1, 2, 3, 4)$$

avec :

$$-2\varkappa \mathfrak{t}_{\sigma\nu} = \sqrt{-g} \left(\sum_{\alpha\beta\tau} \gamma_{\alpha\nu} \frac{\partial g_{\tau\beta}}{\partial x_\sigma} \frac{\partial \gamma_{\tau\beta}}{\partial x_\alpha} - \frac{1}{2} \sum_{\alpha\beta\tau} \delta_{\sigma\nu} \gamma_{\alpha\beta} \frac{\partial g_{\tau\beta}}{\partial x_\alpha} \frac{\partial \gamma_{\tau\beta}}{\partial x_\beta} \right) \tag{6}$$

Dans ces équations, $\varkappa$ désigne une constante universelle correspondant à la constante de gravitation ; $\delta_{\sigma\nu}$ est égal à 0 ou à 1 selon que σ et ν sont différents ou égaux.

Le système (5), qui correspond au système (3), montre qu'à côté des composantes de l'énergie de tension $\mathfrak{T}_{\sigma\nu}$ du phénomène matériel, il y a des composantes équivalentes $t_{\sigma\nu}$, du champ gravitique, qui apparaissent comme la cause même de l'existence du champ. Il doit bien en être ainsi, car l'action gravifique d'un système ne peut dépendre de la *nature physique* de l'énergie qui engendre le champ.

Comme seules les substitutions linéaires sont admissibles, on sera conduit à des multiplicités à une, deux et trois dimensions que l'on pourra appeler droites, plans et espaces linéaires.

La théorie esquissée comble une lacune épistémologique touchant la notion d'accélération, et inhérente, non seulement à la théorie ordinaire de la relativité, mais aussi à la Mécanique classique, comme l'a montré particulièrement *E. Mach*. Il est évident, en effet, qu'il n'est pas possible d'attribuer un sens absolu à la notion d'accélération, pas plus qu'il n'est possible d'en attribuer un à la notion de vitesse. Il n'est possible de parler de l'accélération d'un point matériel que par rapport à un corps pris comme corps de référence. Il en résulte que cela n'a pas de sens d'attribuer à un corps une « résistance à l'accélération » au sens absolu, comme la résistance d'inertie de la Mécanique classique. Bien plus, cette résistance d'inertie doit être d'autant plus grande qu'il y a, dans le voisinage du corps, plus de masses inertes non en mouvement accéléré ; au rebours, cette résistance doit disparaître lorsque ces masses participent à l'accélération du corps.

Or, il est tout à fait remarquable que *les équations* (5), comme on peut le montrer, *contiennent ces différents aspects de la résistance d'inertie, de ce que l'on peut appeler la* **relativité de l'inertie.**

C'est certainement là un des plus forts arguments que l'on puisse invoquer en faveur de la théorie que nous venons d'esquisser.

Définitions, Méthodes et Problèmes mathématiques

relatifs à la

THÉORIE DE LA GRAVITATION

PAR

Marcel GROSSMANN

La formation des notions de l'analyse vectorielle générale constitue la seule difficulté mathématique à pénétrer dans la théorie d'Einstein sur la gravitation.

Si l'analyse vectorielle, auxiliaire indispensable de la physique théorique, ne se généralise que lentement, je pense que c'est parce que les physiciens n'établissent les théorèmes de l'analyse vectorielle que dans la mesure de leur application aux problèmes de physique qui en ont provoqué la découverte ou auxquels ils seront applicables.

Cette méthode, justifiée dans chaque cas particulier, ne saurait satisfaire les mathématiciens, ni susciter de notions générales.

Les mathématiciens, d'autre part, en introduisant les théories des quaterniens et de Grassmann ont inutilement compliqué la compréhension de l'analyse vectorielle aux physiciens par des représentations abstraites qui n'étaient pas indispensables.

A ces difficultés s'ajoute la confusion babylonienne des termes et des signes qu'une commission internationale n'a pas réussi à corriger.

L'idée fondamentale de la théorie de la gravitation d'Einstein, qui est de caractériser un champ de gravitation par une forme différentielle quadratique, à cœfficient variables, nécessite une généralisation des définitions et des méthodes de l'analyse vectorielle, afin d'obtenir un aperçu plus distinct.

Le célèbre traité de Christoffel, *Sur la transformation des expressions différentielles homogènes du deuxième degré*, 1869 (Journal f. Math. 70) et le travail trop peu remarqué de Ricci et de Levi-Civita, 1901 (Math. Ann. 54) où les auteurs exposent une méthode pour donner aux équations différentielles de la physique une forme indépendante des coordonnées, sont, pour le sujet qui nous préoccupe, d'une importance fondamentale.

Le développement ultérieur de l'analyse vectorielle a mis en lumière les avantages qu'il y a à traiter cette branche au point de vue général de la théorie des invariants, puisque cette dernière intervient dans tous le système des notions de l'analyse vectorielle et du même coup marque la place naturelle des nouvelles conceptions introduites par Minkowski, Sommerfeld, Laue, etc., dans le monde à quatre dimensions de la théorie de la relativité.

Il ne saurait être question ici de développer l'application des méthodes de la théorie des invariants à l'analyse vectorielle, je me bornerai à montrer la différence des méthodes sur les notions et les théorèmes les plus simples de l'analyse vectorielle.

La définition même de vecteur manque souvent de précision et de généralité, elle n'est pas susceptible d'extension. En définissant le vecteur comme une grandeur dirigée, déterminée par ses composantes suivant trois directions rectangulaires, on se restreint sans nécessité à l'espace euclidien, le seul où « direction » ait un sens immédiat.

On obtient une meilleure définition en se représentant un vecteur variable en grandeur et en direction de point en point, c'est-à-dire un champ vectoriel.

Ses trois composantes

$$A_i(x_1, x_2, x_3) \qquad (i = 1, 2, 3)$$

sont des fonctions du lieu, les transformations qu'elles subissent lors d'une rotation du système de coordonnées sont essentielles. Cette rotation est exprimée par une substitution orthogonale

$$x'_i = \sum_k p_{ik} x_k \qquad (i, k = 1, 2, 3)$$

dont la solution est :

$$x_i = \sum_k p_{ki} x'_k$$

Nous dirons qu'un vecteur est déterminé par trois fonctions $A_i(x_1, x_2, x_3)$ si elles se transforment comme les coordonnées elles mêmes, donc si

$$A'_i = \sum p_{ki} A_k$$

De sorte que les coordonnées rectangulaires sont elles-mêmes aussi composantes de vecteurs, ainsi que leur différentielles.

L'élément de ligne :

$$ds^2 = dx^2_1 + dx^2_2 + dx^2_3$$

est un invariant absolu, et pour chaque vecteur

$$A^2_1 + A^2_2 + A^2_3$$

est aussi un « scalaire », c'est-à-dire un invariant absolu, savoir : le carré de la grandeur du vecteur.

Les opérations différentielles sont particulièrement importantes, la plus simple est la *divergence* du vecteur A

$$\text{div } A = \frac{\partial A_1}{\partial x_1} + \frac{\partial A_2}{\partial x_2} + \frac{\partial A_3}{\partial x_3}$$

qui est un scalaire, ce qu'on peut prouver en effectuant la substitution orthogonale. On le montre habituellement en imaginant que le vecteur représente la vitesse dans le champ du courant d'un liquide incompressible. Dans un espace fini S, limité par une surface σ se trouvent des points où le liquide entre et d'autres où il sort. Si l'on calcule la quantité de liquide qui traverse la surface dans l'unité de temps on trouve

$$\int_\sigma A_k d\sigma = \int_S \text{div } A dS$$

et l'on a ainsi montré en applicant le théorème de l'intégrale de Gauss que la divergence est indépendante du système de coordonnées : que c'est un scalaire.

En concentrant le domaine S en un point, on peut obtenir la divergence comme limite.

On peut déduire ces notions et d'autres encore d'une façon plus satisfaisante en abandonnant les coordonnées cartésiennes pour introduire des coordonnées curvilignes quelconques.

L'élément de ligne s'exprime alors par

$$ds^2 = \sum_{ik} g_{ik} dx_i dx_k$$

Le caractère de généralité de cette forme différentielle quadratique permet de ne pas se préoccuper de ce que l'espace soit euclidien, non euclidien ou même à courbure variable.

Par une transformation de coordonnées :

$$x_i = x_i(x'_1, x'_2, x'_3) \qquad i = 1, 2, 3$$

ou une transformation des différentielles

$$dx_i = \sum_k \frac{\partial x_i}{\partial x'_k} dx'_k = \sum_k p_{ik} dx'_k$$

ou résolue

$$dx'_i = \sum_k \frac{\partial x'_i}{\partial x_k} dx_k = \sum_k \pi_{ki} dx_k$$

les cœfficients de l'élément de ligne se transforment suivant les formules :

$$g'_{rs} = \sum_{ik} p_{ir} p_{ks} g_{ik}$$

si l'on suppose que l'élément de ligne est un scalaire.

Nous déterminerons de nouveau un vecteur par trois fonctions A_i (x_1, x_2, x_3) qui se transforment suivant les formules

$$A'_i = \sum_k p_{ki} A_{k'}$$

et nous constatons que les coordonnées ne constituent plus de vecteur, que leurs differentiels se transforment différemment, parce que les quotients différentiels partiels π_{ki} sont différents des p_{ki}. C'est pourquoi nons appellerons A : *vecteur covariant*. Les différentielles des coordonnées constituent, au contraire, un *vecteur contravariant*, nous constatons immédiatement l'utilité de ce dualisme.

Soient :

$$A_1, A_2, A_3 \quad \text{et} \quad B_1, B_2, B_3$$

deux vecteurs variables, formons les grandeurs

$$T_{ik} = A_i B_k$$

qui se transforment de la manière suivante :

$$T'_{rs} = \sum_{ik} p_{ir} p_{ks} T_{ik}$$

Un tel système de neuf grandeurs définit ce que nous appelons *tenseur covariant* de deuxième rang, puisque ses composantes sont caractérisées par deux indices. On voit que les cœfficients de l'élément de ligne constituent aussi un tenseur covariant de deuxième rang : le *tenseur fondamental*.

Soit

$$g = | g_{ik} |$$

le discriminant de la forme différentielle, c'est-à-dire le déterminant des neuf cœfficients, les déterminants mineurs de deuxième ordre divisés par le déterminant lui-même, sont les composantes d'un tenseur contravariant de deuxième rang, leurs formules de transformation étant :

$$\gamma'_{rs} = \sum_{ik} \pi_{ir} \pi_{ks} \gamma_{ik}$$

On peut définir, plus généralement, le tenseur covariant de rang λ par un système de fonctions $T_{r_1 r_2 \ldots r_\lambda}$, qui se transforment d'après les formules

$$T'_{r_1 r_2 \ldots r} = \sum_{i_1 i_2 \ldots \lambda} p_{i_1 r_1} p_{i_2 r_2} \ldots p_{i_\lambda r_\lambda} T_{i_1 i_2 \ldots i_\lambda}$$

De tels systèmes covariants, que nous appelons maintenant tenseurs, jouent un grand rôle dans la théorie de la transformation de Christoffel qui a montré comment on peut passer d'un tenseur de rang λ à un autre de rang $\lambda + 1$ par une seule opération de différentiation.

Interrompons ces considérations générales pour montrer comment on obtient la divergence du vecteur.

Soient A_1, A_2, A_3 les composantes d'un vecteur covariant, le problème consiste à déduire du vecteur, par une différentiation, un scalaire, c'est-à-dire un invariant absolu. Dans ce but, formons d'abord, d'après Christoffel, l' « extension » (Erweiterung) du vecteur, c'est-à-dire le tenseur covariant de deuxième rang

$$A_{rs} = \frac{\partial A_r}{\partial x_s} - \sum_{ik} \frac{1}{2} \gamma_{ik} \left(\frac{\partial g_{ir}}{\partial x_s} + \frac{\partial g_{is}}{\partial x_r} - \frac{\partial g_{rs}}{\partial x_i} \right) A_k = \frac{\partial A_r}{\partial x_s} - \sum_k \begin{Bmatrix} rs \\ k \end{Bmatrix} A_k$$

puis le scalaire

$$\operatorname{div} A = \sum_{rs} \gamma_{rs} A_{rs}$$

auquel on peut donner la forme

$$\operatorname{div} A = \sum_{rs} \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial x_s} (\sqrt{g}\, \gamma_{rs} A_r)$$

Il en résulte, comme extension du vecteur, lorsque l'élément de ligne est euclidien

$$A_{rs} = \frac{\partial A_r}{\partial x_s}$$

et comme divergence

$$\operatorname{div} A = \frac{\partial A_1}{\partial x_1} + \frac{\partial A_2}{\partial x_2} + \frac{\partial A_3}{\partial x_3}$$

Je prends encore, comme exemple, les notions de l'analyse vectorielle relatives au champ d'un scalaire.

Soit $\varphi(x_1, x_2, x_3)$ un scalaire, alors

$$d\varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial \varphi}{\partial x_2} dx_2 + \frac{\partial \varphi}{\partial x_3} dx_3$$

en est aussi un. Comme les dx_i constituent un vecteur contravariant, il faut que les $\frac{\partial \varphi}{\partial x_i}$ forment un vecteur covariant que nous appellerons le *Gradiant* de φ.

Comme carré de sa valeur nous avons le scalaire

$$\sum_{rs} \gamma_{rs} \frac{\partial \varphi}{\partial x_r} \frac{\partial \varphi}{\partial x_s}$$

c'est-à dire le premier paramètre différentiel de Beltrami, qui,

dans le cas de l'analyse vectorielle habituelle, devient le paramètre différentiel de Lamé

$$\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial x_2}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial x_3}\right)^2$$

D'après la formule générale citée plus haut, la divergence du gradiant est

$$\operatorname{div}\operatorname{grad}\varphi = \sum_{rs} \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial x_s}\left(\sqrt{g}\,\gamma_{rs}\frac{\partial\varphi}{\partial x_r}\right)$$

c'est-à-dire le deuxième paramètre différentiel de Beltrami, qui, dans le cas de l'analyse vectorielle habituelle devient

$$\Delta\varphi = \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2_1} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2_2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2_3}$$

c'est le deuxième paramètre différentiel de Lamé.

Nous voyons, d'après ces simples exemples, la fécondité des méthodes employées, qui sont en outre complètement indépendantes du nombre des variables. Je suis persuadé que les questions de notation de l'analyse vectorielle pourraient être résolues facilement sur le terrain de ces considérations générales.

SUR

L'AIMANTATION ALTERNATIVE

AUX

FRÉQUENCES ÉLEVÉES

PAR

M. Ch. Eug. GUYE et Mlle A. ALBERT

(Avec la pl. I)

I. Introduction

Depuis quelques années une série de travaux ont été effectués au Laboratoire de Physique de l'Université de Genève, en vue d'étudier l'influence de la fréquence sur les pertes d'énergie dans les corps ferromagnétiques soumis à des champs alternatifs.

Cette étude a été faite à des fréquences comprises *entre 300 et 1200 périodes* par seconde, fréquences pour lesquelles l'influence de la viscosité paraît devoir être très faible, tout en permettant encore l'élimination expérimentale des courants de Foucault.

Les premiers travaux, effectués par une méthode thermique[1], ont conduit à la conclusion d'une perte par cycle indépendante de la fréquence dans la limite des champs étudiés : champs efficaces variant de 9,42 à 56.9 gauss.

Ces expériences ayant été effectuées à champ efficace con-

[1] Ch.-E. Guye et B. Herzfeld, *C. R.* 20 avril 1903. *Arch. des sc. phys. et nat.* 1903 (4), t. XIV, p. 380.

Ch.-E. Guye et A. Schidlof, *C. R.*, t. 139, 1904, p. 517. *C. R.*, t. 140, 1905, p. 369. *Arch. des sc. phys. et nat.* 1905 (4), t. XVIII, p. 576 ; 1906, (4), t. XIX, p. 61 et p. 169.

stant, il était intéressant de chercher à mettre en évidence l'influence de la fréquence sur les variations de l'aimantation.

Une deuxième étude fut alors entreprise par M. Ch.-E. Guye et Mlle Karpowa[1]. Le principe de la méthode et les premiers résultats en furent publiés sommairement. Il résultait de ces quelques expériences que dans les limites de fréquences et de champs magnétiques étudiés, la courbe d'aimantation ne devait pas être sensiblement influencée par la fréquence. Le cycle d'aimantation paraissait donc indépendant de la vitesse avec laquelle il était parcouru. Cette conclusion venait donc à l'appui des résultats obtenus par la méthode thermique. Toutefois, la précision des mesures laissait encore à désirer.

D'autre part, M. A. Schidlof et Mlle Chamié, en étudiant plus spécialement les faibles saturations (champs maxima efficaces entre 8,3 et 24,8 gauss), ont mesuré la puissance électrique consommée dans un cycle rapide avec un électromètre à quadrants. Les résultats de ce travail semblaient indiquer une diminution des pertes d'énergie par cycle avec l'augmentation de la fréquence. Cette dernière conclusion, bien que formulée sous toutes réserves, semblait donc difficilement conciliable avec les résultats antérieurs, car, si elle était rigoureusement exacte, il aurait fallu admettre que le travail consommé par cycle dépendrait de la fréquence, alors que la variation de l'aimantation en était indépendante. Nous avons donc décidé de reprendre d'abord avec plus de précautions et d'exactitude la méthode suivie par M. Guye, en collaboration avec Mlle Karpowa. En voici le principe.

II. Principe de la méthode

Le courant fourni par un alternateur à haute fréquence traverse l'enroulement primaire qui recouvre un tore en fil de fer très fin.

L'intensité de ce courant magnétisant est maintenue rigou-

[1] Ch.-E. Guye et E. Karpowa. Aimantation en fonction de la fréquence. *Le Radium*, VII. 1910, p. 241. Congrès international de radiologie et d'électricité, 1911.

reusement à la même valeur efficace et la force électromotrice efficace induite dans le secondaire est mesurée à l'aide d'un électromètre à fil de quartz de Wulf.

Soient :

N le nombre des spires de l'enroulement secondaire;

Φ le flux à travers la section du tore;

E la force électromotrice éfficace secondaire.

Cette force électromotrice efficace est donnée par la relation bien connue :

$$E^2_{eff} = N^2 \int_0^1 \left(\frac{d\Phi}{dt}\right)^2 dt$$

en admettant que l'unité de temps renferme toujours un nombre entier de périodes ; ce qui est toujours pratiquement le cas pour les fréquences élevées.

Nous aurons pour différentes fréquences n, n', n'', ... et pour des enroulements secondaires correspondants N, N', N'', ... des *f. e. m. eff.* E, E', E'', ... données par les relations :

$$E^2 = N^2 \int_0^1 \left(\frac{d\Phi}{dt}\right)^2 dt$$

$$E'^2 = N'^2 \int_0^1 \left(\frac{d\Phi'}{dt}\right)^2 dt$$

$$E''^2 = N''^2 \int_0^1 \left(\frac{d\Phi''}{dt}\right)^2 dt$$

. . . . . .

Supposons maintenant que le nombre des spires secondaires soit inversement proportionnel à la fréquence et que l'on ait par conséquent $nN = n'N' = n''N''$. *Si, dans ces conditions les* f. e. m. *secondaires observées sont égalse,* nous pourrons poser :

$$N^2 \int_0^1 \left(\frac{d\Phi}{dt}\right)^2 dt = N'^2 \int_0^1 \left(\frac{d\Phi'}{dt}\right)^2 dt = N''^2 \int_0^1 \left(\frac{d\Phi''}{dt}\right)^2 dt = \ldots$$

c'est-à-dire :

$$\left.\begin{aligned}\int_0^{T_1}\left(\frac{d\Phi}{dt}\right)^2 dt &= \frac{N'^2}{N^2}\int_0^{T_1}\left(\frac{d\Phi'}{dt}\right)^2 dt\\ \int_0^{T_1}\left(\frac{d\Phi}{dt}\right)^2 dt &= \frac{N''^2}{N^2}\int_0^{T_1}\left(\frac{d\Phi''}{dt}\right)^2 dt\end{aligned}\right\}\ \mathrm{I}$$

. . . . . .

Pour que les intégrales satisfassent ces équations, le plus simple est d'admettre que l'on a à chaque instant

$$\left.\begin{aligned}\frac{d\Phi}{dt} &= \frac{N'}{N}\frac{d\Phi'}{dt} = \frac{n}{n'}\frac{d\Phi'}{dt}\\ \frac{d\Phi}{dt} &= \frac{N''}{N}\frac{d\Phi''}{dt} = \frac{n}{n''}\frac{d\Phi''}{dt}\end{aligned}\right\}\ \mathrm{II}$$

c'est-à-dire que l'allure des courbes d'aimantation ne varie pas avec la fréquence ; en d'autres mots que la courbe reste la même, mais qu'elle est parcourue plus ou moins rapidement.

Notre supposition est en effet très vraisemblable. Si les courbes Φ étaient modifiées par la fréquence, il faudrait alors admettre qu'il se produit *une compensation singulière, pour tous les champs et pour toutes les fréquences,* de façon que les intégrales satisfassent toujours aux relations (I) et cela avec une approximation très grande, comme nous le verrons plus loin. Une telle supposition devient alors très peu vraisemblable et il est infiniment plus plausible et plus simple d'admettre l'hypothèse exprimée par les équations II.

Nos expériences avaient donc pour but de déceler avec le plus d'exactitude possible les différences qui pouvaient se produire dans les f. e. m. secondaires, lorsque les relations $nN = n'N' = n''N''$ étaient satisfaites, toutes les autres conditions restant les mêmes. Nous avons donc attaché une grande importance à rendre les expériences comparatives.

Dans ce but l'enroulement secondaire du tore était sectionné en quatre parties. On pouvait ainsi, en utilisant tout ou partie

de cet enroulement, disposer d'un nombre de spires proportionnel aux nombres 1, 2 et 4 ; c'est-à-dire inversément proportionnel aux fréquences approximatives 1200 ; 600 et 300. La condition $nN = n'N' = n''N''$ était donc toujours très près d'être satisfaite.

Dans ces conditions une expérience comparative comportait trois séries de mesures.

Fréquence (approximative)	Nombre de spires secondaires utilisées
1) $n'' = 300$	$N'' = 4N$
2) $n' = 600$	$N' = 2N$
3) $n = 300$	$N = N$

Pratiquement, il n'est pas toujours possible par la vitesse de l'alternateur de satisfaire *rigoureusement* la condition $nN = n'N' = n''N'' = \ldots$; il est donc nécessaire de faire subir aux résultats de l'expérience une très petite correction, de façon à les rendre tout à fait comparables. Cette correction consiste à réduire la *f. e. m.* à ce qu'elle serait si le circuit secondaire n'avait qu'une spire et si la fréquence était égale à l'unité ; il suffit donc pour cela de diviser la *f. e. m.* efficace observée E par le produit nN correspondant à chaque expérience ; ce produit étant d'ailleurs par l'expérience même très près d'être constant.

La *f. e. m.* ainsi calculée soit

$$e = \frac{E}{nN}$$

est ce que nous avons appelé la *f. e. m. réduite.*

C'est la connaissance de cette *f. e. m. réduite* qui permettra la comparaison exacte des résultats. Il importe de remarquer que cette réduction ne peut introduire aucune erreur appréciable sur les résultats, car d'une part la relation $nN = n'N'$ est très près d'être satisfaite expérimentalement et d'autre part la *f. e. m. réduite, si elle varie avec la fréquence,* ne varie que d'une quantité extrêmement petite, même pour des limites très étendues de la fréquence de 300 à 1200 dans nos expériences.

Pour que les résultats de ces expériences aient une signification précise, il importe enfin d'éliminer toute action parasite et particulièrement celle due à la présence des courants de Foucault. Les courants de Foucault, comme on sait, tendent à affaiblir le champ magnétique à l'intérieur du fer et consomment une certaine énergie dont la valeur est pour ainsi dire impossible à calculer exactement. Dans nos expériences, leur effet était rendu négligeable par le choix d'un tore composé de fil de fer de 0,04^{mm} de diamètre.

Nous avons également éliminé l'action démagnétisante du courant secondaire en utilisant pour les mesures de la *f. e. m.* induite un instrument électrostatique, un électromètre à fils de quartz dont la capacité est extrêmement petite (quelques centimètres en unités électrostatiques C. G. S.).

Les perturbations dues aux courants de Foucault d'une part et au courant secondaire d'autre part étant éliminées il n'y a pas lieu de faire subir de ce chef de calculs arbitraires de correction aux expériences pour les rendre comparatives et les interpréter.

III. Dispositif expérimental

Le dispositif comprenait un circuit primaire et un circuit secondaire.

I. Circuit primaire

Un alternateur à haute fréquence fournissait le courant magnétisant. C'était une machine à 100 pôles (*fer tournant;* inducteur et induit fixes). Elle était accouplée directement à l'arbre d'un moteur à courant continu à excitation compond. Pour assurer au moteur une régularité de marche aussi grande que possible, nous l'avons actionné au moyen de batteries d'accumulateurs. On réglait alors la vitesse de rotation avec des résistances mises dans les circuits de l'inducteur et de l'induit du moteur. Un compteur de tours fixé sur l'arbre de la machine permettait de déterminer la vitesse de l'alternateur. Le nombre de tours à la minute multiplié par une constante (dont la valeur était $\frac{5}{6}$) donnait la fréquence du courant de l'alternateur.

Le courant d'excitation de l'alternateur était fourni par les mêmes batteries d'accumulateurs. Nous n'avons pas d'abord attribué assez d'importance à l'influence de la variation de ce courant d'excitation sur la forme de la *f. e. m.*, les expériences antérieures ayant montré que la courbe de la *f. e. m.* est très approximativement sinusoïdale. Nous avons reconnu depuis que l'influence du courant d'excitation sur la forme de la *f. e. m.* de l'alternateur n'est pas négligeable *lorsque la machine fonctionne au voisinage de certaines saturations* et que pour une même valeur efficace du courant magnétisant, on peut avoir des erreurs, très petites il est vrai, sur la *f. e. m.* induite; ces erreurs peuvent, dans certains cas, atteindre 2 % suivant que l'alternateur fonctionne avec telle ou telle excitation. Si l'on n'a soin de maintenir l'excitation rigoureusement constante quelque soit la fréquence, les trois séries de mesures effectuées ne sont plus alors tout à fait comparables. Même, l'abaissement progressif de l'excitation pendant toute la durée d'une série d'expériences (au fur et à mesure que les circuits s'échauffent ou que la batterie se décharge) peut introduire ainsi de petites erreurs systématiques.

Au contraire, dès que l'excitation demeure constante les écarts entre les valeurs $\frac{E}{nN}$ obtenues à des fréquences différentes pour un même champ magnétisant devenaient pour ainsi dire nuls, comme nous le verrons plus loin.

Il importait donc de surveiller avec soin l'intensité de ce courant d'excitation en vue de la maintenir constante, et cela à l'aide de résistances de réglage intercalées dans le circuit.

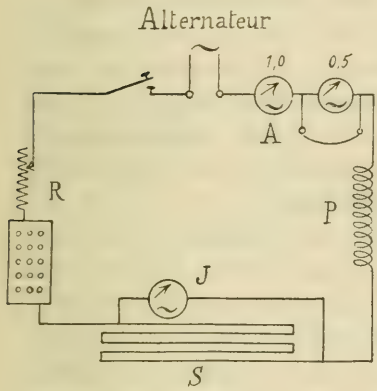
Le courant alternatif, ainsi produit, traversait l'*enroulement primaire P*, formé de 391 spires de fil de cuivre (1^{mm} de diamètre, isolé par une double couche de soie). Le fil entourait un tore composé de fil de fer de très petite section pour éviter les courants de Foucault, ainsi que nous l'avons dit.

La *résistance de réglage R* était constituée par 2 grands tableaux de lampes à incandescence, tableaux qui pouvaient être groupés soit en parallèle soit en tension, suivant la fréquence et suivant l'intensité qu'il s'agissait d'obtenir. En outre quatre

rhéostats à glissières permettaient un réglage très exact de l'intensité.

L'intensité efficace fut mesurée avec des *ampèremètres thermiques A*. Un ampèremètre dont l'échelle était graduée jusqu'à 0,5 ampères était utilisé pour les mesures jusqu'à cette limite.

Il pouvait facilement être supprimé au moyen de godets de mercure et d'une clef de court circuit. Les intensités du courant magnétisant plus élevées furent mesurées par un autre ampèremètre dont l'échelle était divisée jusqu'à 1 ampère.



Nous avons indiqué précédemment qu'il est très important que les expériences comparatives soient effectuées rigoureusement à la même intensité efficace. La sensibilité des ampèremètres thermiques ordinaires de Hartmann et Braun est suffisante pour l'appréciation de la valeur de l'intensité, mais ne peut donner la précision désirable pour des mesures comparatives aussi délicates que celles que nous nous proposions. Nous avons donc employé *une jauge* plus exacte *J* [1]. Elle était composée d'un voltmètre thermique de précision de Hartmann et Braun (3,5 volts maximum) dont l'index se déplace devant un miroir ; l'erreur de parallaxe est donc éliminée. L'échelle de cet appareil est divisée en traits suffisamment fins pour permettre d'apprécier facilement un déplacement de l'index de $^1/_5$ de division. En maintenant au cours d'une expérience l'index sur une division, on pouvait être assuré que *l'intensité efficace du courant demeurait constante* et cela avec une précision beaucoup plus grande qu'avec les appareils ordinaires. Cette position devait être maintenue avec le même soin pendant les trois

[1] Dispositif utilisé par M. A. Schidlof et Mlle Chamié, *loc. cit.*

séries d'une même expérience comparative faite à diverses fréquences. La position de l'index qui pouvait changer par suite de la variation de la vitesse de rotation du moteur était immédiatement corrigée en agissant sur la résistance de réglage R. Le shunt de l'appareil thermique de précision était constitué par des fils de manganine sans self appréciable ; la longueur de fil utilisée comme shunt demeurait rigoureusement la même pendant les trois séries constituant une expérience comparative.

II. Circuit secondaire

Le courant alternatif passant par l'enroulement primaire du tore développe un courant induit dans l'*enroulement secondaire*. Cet enroulement était composé de quatre parties de 480, 450, 480 et 480 spires. La *f. e. m.* efficace était mesurée à l'aide de l'*électromètre* à fils de quartz de Wulf dont nous avons parlé. Cet appareil présente plusieurs avantages très appréciables dans le cas particulier de nos expériences.

L'écartement des fils de quartz sous l'influence de la différence de potentiel est observé comme on sait à l'aide d'un microscope muni d'un oculaire micrométrique et la position que prennent les fils est atteinte très rapidement à cause de leur faible inertie. Les indications sont en outre très nettes, sur une échelle de 150 divisions le $^1/_{10}$ de division est encore nettement appréciable. En faisant la lecture des deux écarts droit et gauche, on élimine l'erreur pouvant provenir du zéro de l'appareil, lequel dépend, comme on sait, de l'inclinaison donnée à l'appareil même.

L'électromètre de Wulf avait encore un autre avantage, celui d'avoir une très petite capacité, comme nous l'avons déjà signalé ; ce qui n'est pas sans importance lorsqu'on opère avec des courants de fréquence élevée.

Quant à la courbe de graduation de l'électromètre, elle est très approximativement une ligne droite au-dessus de 60 volts ; les déviations étant presque proportionnelles à l'augmentation du potentiel. Pour les tensions moins élevées, les déviations diminuent plus rapidement mais on obtient encore des indications très précises jusqu'à une tension de 30 et même de 25 volts.

Nous avons effectué la graduation de l'électromètre de Wulf à différentes époques, et cela à l'aide d'un voltmètre de précision de Siemens et Halske, ces déterminations ont fourni toujours exactement la même courbe représentative.

D'ailleurs, notre méthode *rend les mesures pour ainsi dire indépendantes de la graduation, puisqu'on observe presque la même déviation dans les trois séries de mesures d'une expérience comparative.*

Détail d'une expérience

Une expérience comparative se composait de trois séries de mesures effectuées aux fréquences hautes, moyennes et basses, dont les valeurs étaient très voisines de $n = 1200$, $n' = 600$, $n'' = 300$. Les nombres de tours de la machine indiqués par le compteur étaient alors respectivement d'environ 1440, 720 et 360 tours à la minute ; et l'on commençait les expériences soit avec la haute, soit avec la basse fréquence ; de façon à éliminer les erreurs systématiques que l'échauffement progressif du tore aurait pu introduire.

D'ailleurs, pour rendre ces erreurs négligeables, tout le tore était placé dans un bain d'huile et la température de ce bain ne variait que de quelques degrés entre le commencement et la fin des séries d'expériences.

Après avoir mis l'alternateur en marche, on réglait la vitesse de rotation à l'aide de résistances interposées dans les circuits de l'inducteur et de l'induit du moteur. Des ampèremètres permettaient de se rendre compte de la marche de la machine. Le courant d'excitation demeurait constant grâce à la résistance de réglage qui permettait de le maintenir à l'intensité voulue comme nous l'avons expliqué.

Il était impossible d'avoir *rigoureusement* à l'alternateur la même vitesse pendant toute la durée d'une série de mesures, quoique le moteur fut alimenté par des batteries d'accumulateurs, c'est-à-dire dans de très bonnes conditions pour avoir une vitesse constante. Pour obtenir plus de régularité on attendait à peu près une demi-heure que la vitesse de rotation eut pris une valeur de régime approximativement constante (d'en-

viron 1440 tours si l'on travaillait avec les fréquences élevées).

D'autre part, on réglait l'intensité efficace du courant magnétisant en interposant un nombre plus ou moins grand de lampes à incandescence et en faisant varier la résistance des rhéostats R. On amenait ainsi l'index du voltmètre utilisé comme jauge à la position qu'il devait occuper jusqu'à la fin des trois séries d'expériences et cela au moyen du shunt en manganine S. On était ainsi assuré que le courant conservait rigoureusement la même intensité efficace. C'était en même temps l'indice que la vitesse de rotation du moteur était tout à fait constante, puisque rien ne variait plus dans le circuit.

On commençait alors les mesures. Aux fréquences élevées, les quatre parties de l'enroulement secondaire étaient utilisées successivement. Pour faciliter les connexions de ces différentes parties, les extrémités de leurs enroulements étaient reliées à huit godets fixés sur une petite planche. Il suffisait de mettre ces godets en communication avec les fils de l'électromètre de Wulf pour effectuer les lectures. On mesurait la force électromotrice efficace aux extrémités de l'enroulement (1), en faisant la lecture des écarts δ_1 droit et δ_2 gauche des deux fils de quartz de l'électromètre. En même temps, un second observateur comptait le nombre des tours de la machine. Ce nombre permettait de connaître exactement la fréquence correspondante. On opérait de la même manière pour les enroulements (2), (3) et (4), de façon à faire intervenir dans les moyennes la totalité de l'enroulement secondaire. Nous avons répété en général trois fois chacune des mesures (1), (2), (3) et (4) dans chaque série. La série comprenait ainsi douze observations.

Après avoir terminé la série des mesures effectuées à haute fréquence, on interposait une plus grande résistance dans le circuit du moteur pour abaisser la vitesse de rotation de l'alternateur jusqu'à environ 720 tours par minute. Nous ramenions aussi l'intensité efficace à la valeur exacte qu'elle avait au cours de la série précédente. Le voltmètre de la jauge permettait de constater avec une grande sensibilité si ce réglage était atteint.

La *f. e. m.* efficace de deux parties de l'enroulement groupées en tension donnait approximativement la même déviation que celle obtenue à la fréquence précédente avec une seule partie de l'enroulement. Les mesures étaient prises alors en faisant les combinaisons suivantes :

(1 + 2) , (2 + 3) , (3 + 4) et (4 + 1)

On comptait pour chaque lecture le nombre de tours correspondant de la machine, d'où la fréquence.

Tableau d'une expérience comparative[1]

Intensité efficace 0,58 ampère

(Haute fréquence)

Désignation des enroulements sec. utilisés	Déviation à l'électromètre δ [2]	Force e. m. eff. E obs.	Fréquence n
(1)	95,7	92.4	1137
(1)	96,0	92,6	1146
(1)	96,7	93,4	1154
(2)	108,2	104,7	1154
(2)	108,4	104,9	1154
(2)	108,8	105,2	1156
(3)	101,5	98,0	1158
(3)	101,6	98,1	1162
(3)	101,7	98,2	1158
(4)	110,1	106,5	1162
(4)	110,1	106,5	1162
(4)	111,0	107,5	1171
N = 1	104,1	100,6	1157

Valeur moyenne de $e = \frac{E}{nN} = 0{,}08713$

pour les hautes fréquences.

[1] Pour simplifier le calcul des tableaux qui suivent, nous avons pris N = 1 pour les hautes fréquences, N = 2 pour les moyennes, N = 4 pour les basses. Dans ces conditions e ne représente pas la f. e. m. réduite précédemment définie, mais un nombre qui lui est rigoureusement proportionnel.

[2] $\delta = \delta_{\text{droit}} + \delta_{\text{gauche}}$.

(Moyenne fréquence)

Désignation des enroulements sec. utilisés	Déviation à l'électromètre δ	Force e. m. eff. obs. E	Fréquence n
(1 + 4)	107,3	103,8	592
(1 + 4)	106,2	102,7	588
(1 + 4)	105,6	102,1	585
(2 + 3)	106,0	102,5	579
(2 + 3)	105,4	101.9	572
(2 + 3)	104,8	101,3	570
(1 + 2)	102,5	99,1	575
(1 + 2)	102,1	98,7	565
(1 + 2)	101,9	98,3	571
(3 + 4)	103,4	100,0	560
(3 + 4)	102,3	98,9	560
(3 + 4)	101,7	98,2	560
N = 2	104,1	100,6	573

Valeur moyenne de $e = \frac{E}{nN} = 0{,}087783$

pour les moyennes fréquences.

(Basses fréquences)

Désignation des enroulements sec. utilisés N	Déviation à l'électromètre δ	Force e. m. eff- obs. E	Fréquence n
(1 + 2 + 3 + 4)	102,3	98,8	283
(1 + 2 + 3 + 4)	101,5	98,0	279
(1 + 2 + 3 + 4)	100,0	96,6	277
(1 + 2 + 3 + 4)	98,7	95,3	268
(1 + 2 + 3 + 4)	98,7	95.3	271
(1 + 2 + 3 + 4)	98,1	94,8	270
(1 + 2 + 3 + 4)	98,9	95,5	271
(1 + 2 + 3 + 4)	98,5	95,2	271
(1 + 2 + 3 + 4)	98,5	95,2	271
N = 4	99,5	96,1	273

Valeur moyenne de $e = \frac{E}{nN} = 0{,}088002$

pour les basses fréquences

La troisième série comportait les mesures effectuées à la fréquence d'environ 300 ; les procédés pour le réglage de la vitesse de rotation de la machine et de l'intensité efficace étant absolument les mêmes que précédemment. On observait les déviations de l'électromètre dues aux quatre parties de l'enroulement groupées alors simultanément en tension : (1 + 2 + 3 + 4). C'est pour cette fréquence que la machine fonctionnait avec le moins de régularité. On éliminait l'influence de ces perturbations en effectuant à cette fréquence un plus grand nombre de mesures. Les tableaux pages (12 et 13) donnent les résultats d'une expérience complète.

Comparons les résultats ainsi obtenus aux diverses fréquences, à la valeur moyenne de *e* pour les trois séries, soit 0,08760.

Nous avons :

Ecarts en % sur la valeur moyenne de *e*

hautes fréquences	— 0,66 %
moyennes	+ 0,2 %
basses	+ 0,45 %

Les très petites différences constatées, même sur une seule série d'expériences, semblent bien indiquer que l'allure du cycle d'aimantation ne change vraisemblablement pas avec la fréquence.

IV. Résultats

Voyons maintenant les résultats de l'ensemble de toutes nos mesures.

Mais, disons d'abord que les mesures ont porté principalement sur les faibles saturations pour lesquelles nos recherches antérieures avaient donné des résultats particulièrement peu précis et douteux.

Le tableau suivant donne un résumé de toutes nos expériences relatives, composées chacune de trois séries comparatives effectuées aux trois périodicités indiquées.

Ces observations ont été faites pour des intensités efficaces comprises entre 0,3 et 0,9 ampères, correspondant à des

Tableau des résultats

Intensité eff. des courants en ampères et champs magn. eff. [1]	Nombre des enroul^{ts} sec. en tens. N	Déviation à l'électromètre δ	Force e. m. eff. E	Fréquence n	Force e. m. réduite $e = \frac{E}{nN}$	Moyenne de e	Ecarts en % sur la valeur moyenne
0,3 (8,556)	1	44,5	39,0	1193	0,03269	0,03311	− 1,3
	2	45,7	39,8	603	0,03301		− 0,3
	4	43,5	37,8	281	0,03363		+ 1,5
0,33 (9,4116)	1	64,3	60,1	1213	0,04954	0,04969	− 0,3
	2	63,5	59,3	600	0,04946		− 0,46
	4	58,5	54 3	271	0,05009		+ 0,8
0,35 (9,982)	1	74,7	71,0	1222	0,05810	0,05794	− 0,27
	2	71,5	67,5	590	0,05720		− 1,28
	4	78,0	74,4	322	0,05854		+ 1,0
0,37 (10,1247)	1	82,6	79,1	1212	0,06520	0,06443	+ 1,18
	2	85,0	81,6	759	0,06455		+ 0,19
	4	76,9	73,2	288	0,06354		− 1,4
0,38 (10,8376)	1	85,4	82,0	1208	0,06788	0,06787	+ 0,01
	2	82,3	78,8	583	0,06758		− 0,4
	4	82,2	78,7	289	0,06815		+ 0,4
(0,398) (11,3509)	1	90,95	87,6	1207	0,07250	0,07238	+ 0,16
	2	86,5	83,2	578	0,07195		− 0,6
	4	82,3	78,8	271	0,07270		+ 0,44
0,43 (12,2636)	1	97,8	94,3	1193	0,07904	0,07923	− 0,2
	2	91,9	88,6	561	0,07896		− 0,3
	4	96,1	92,8	291	0,07970		+ 0,6
0,5 (14,260)	1	102,6	99,2	1186	0,08364	0,08353	+ 0,1
	2	96,5	93,6	567	0,08254		− 1,2
	4	107,5	104,0	308	0,08441		+ 1,0
0,58 (16,5416)	1	104,1	100,6	1157	0,08712	0,08760	− 0,66
	2	104,1	100,6	573	0,08778		+ 0,2
	4	99,5	96,1	273	0,08800		+ 0,45
0,63 (17,9676)	1	108,8	105,3	1179	0,08931	0,08938	+ 0,07
	2	107,5	103,9	589	0,08820		− 1,3
	4	119,0	115,3	318	0,09064		+ 1,3
0,7 (19,964)	1	110,1	106,6	1181	0,09030	0,09079	− 0,5
	2	109,4	105,9	582	0,09095		+ 0,17
	4	112,5	109,0	291	0,09114		+ 0,38
0,8 (22,816)	1	119,2	115,5	1257	0,09181	0,09221	− 0,3
	2	116,9	113,3	609	0,09285		+ 0,7
	4	111,3	107,8	293	0,09197		− 0,26
0,9 (25,668)	1	113,5	109,9	1189	0,09249	0,09263	− 0,15
	2	116,9	113,3	612	0,09264		+ 0,01
	4	120,0	116,1	313	0,09277		+ 0,15

[1] Les chiffres entre parenthèse indiquent les champs magnétiques efficaces.

champs magnétisants efficaces[1] compris entre 8.556 et 25,668 gauss CGS.

On le voit, les écarts de la valeur moyenne de *e*, pour une intensité efficace donnée. sont très petits. Ils rentrent dans les limites de précision de nos observations. Nous sommes donc autorisés à faire la moyenne générale pour chaque fréquence, et nous obtenons alors les résultats suivants :

Moyenne des écarts aux fréquences

hautes	— 0,12 %
moyennes.	— 0,35 %
basses	+ 0,49 %

La courbe (pl. I) résume graphiquement les résultats consignés dans le tableau précédent. Dans cette courbe, nous avons pris comme abcisse les intensités efficaces *(proportionnelles au champ magnétisant)*, et comme ordonnée les valeurs de la *f. e. m. réduite* $e = \frac{E}{Nn}$.

On voit que les trois catégories de points + (haute fréquence). × (moyenne fréquence), ○ (basse fréquence), se confondent pratiquement et que l'on ne peut déceler aucune différence certaine[2].

Le maximum de perméabilité du noyau de fer se trouve entre les champs 8 et 10 gauss eff., c'est-à-dire dans nos conditions, pour des intensités comprises entre 0,3 et 0,4 ampères efficaces. Il nous a paru nécessaire d'étudier cette portion de courbe avec une attention toute spéciale. Dans cet intervalle, les mesures sont fort délicates, puisque la courbe monte rapidement: il était donc de la plus haute importance de maintenir constante l'intensité du courant magnétisant. Grâce à notre dispositif, nous avons réalisé cette condition avec beaucoup de soin et les résultats obtenus étaient suffisamment précis pour n'importe quel point, à condition cependant, comme nous l'avons dit, que

[1] Nous appelons champ magnétisant efficace le champ donné par la formule $H_{eff} = \frac{4N_1}{10\,D}\, i_{eff}$; N_1 étant le nombre de spires primaires; D le diamètre du tore; le champ maximum serait $H_{max} = H_{eff}\sqrt{2}$ si l'intensité était rigoureusement sinusoïdale.

[2] Le petit écart positif observé pour les fréquences basses est trop faible pour qu'on puisse lui attribuer une signification certaine. Malgré toutes les précautions prises, il est impossible de répondre qu'une erreur systématique aussi petite ne puisse intervenir.

le courant continu, qui excitait l'alternateur, demeurât le même.

A partir de 0,43 ampères, l'allure ascendante de la courbe des valeurs $\frac{E}{nN}$ étant beaucoup moins rapide, nous avons espacé davantage nos observations.

La conclusion qui se dégage de notre travail ressort de l'inspection même de la courbe et du tableau de la page 15. La fréquence n'a vraisemblablement aucune influence appréciable sur la courbe d'aimantation. Autrement, il faudrait admettre qu'il s'établit, pour toutes les fréquences et pour tous les champs étudiés, une sorte de compensation singulière qui aurait pour résultat de satisfaire aux équations (I).

En résumé, *à la condition d'éliminer totalement les courants de Foucault* et vraisemblablement la viscosité qui paraît en dépendre dans une large mesure[1], *le résultat expérimental s'épure et se simplifie considérablement.* On peut alors admettre que, *dans la limite des champs et des fréquences étudiées* (soit de 8 à 25 gauss et de 300 à 1200 périodes), *la rapidité des variations du champ magnétisant ne doit pas influencer d'une façon appréciable l'allure des cycles d'aimantation.*

Ce résultat est d'ailleurs pleinement d'accord avec ceux obtenus précédemment par la méthode bolométrique[2].

Nous ne sommes pas éloignés de croire que ces limites pourraient être considérablement étendues, soit du côté des hautes, soit du côté des basses fréquences, si les expérimentateurs, au lieu de faire subir parfois aux résultats des observations des calculs arbitraires de correction, s'attachaient à éliminer par l'expérience même tous les éléments qui peuvent rendre les comparaisons illusoires ; ce résultat a été, croyons-nous, particulièrement atteint dans nos expériences par notre méthode de déviation constante, par l'élimination totale des courants de Foucault et de la réaction du courant secondaire. C'est grâce à ces précautions que les résultats obtenus ont revêtu un caractère particulier de simplicité.

[1] Il est remarquable, en effet, que les phénomènes de viscosité semblent disparaître lorsqu'on utilise des noyaux de plus en plus minces. (Jouaust Ferromagnétisme).

[2] C.-E. Guye et B. Herzfeld. — C.-E. Guye et A. Schidlof.

SUR LES
SABLES NOIRS DE MADAGASCAR
ET LEUR
PRÉTENDUE RICHESSE EN PLATINE

PAR

L. DUPARC

Le sol de Madagascar est en grande partie formé par des roches archéennes, développées sur la côte orientale comme sur toute la région des hauts plateaux, et qui sont représentées par des schistes cristallins divers, parmi lesquels il faut signaler des gneiss variés, souvent injectés et granulitisés, des micaschistes et micaschistes granulitiques, des amphibolites diverses, puis des quartzites et des cipolins. Ces différentes formations sont plissées en anticlinaux et synclinaux assez réguliers, qui sont généralement déjetés vers l'Est ; elles sont, en de nombreux endroits, traversées par des boutonnières de granit de types différents qui, presque toujours, y ont provoqué un métamorphisme intense, et qui sont l'origine des innombrables filons, lentilles, et apophyses d'aplites, de granulites, de pegmatites et de greisens, que l'on observe si fréquemment dans le complexe schisteux. En certains endroits, les schistes sont littéralement criblés de filons et filonnets souvent épanouis et ramifiés à l'infini en toutes petites veinules anastomosées ; d'autres fois le métamorphisme est massif pour ainsi dire, et dans la région des quartzites notamment, on observe parfois des montagnes entières, qui sont transformées en greisen in situ, sans altération de la stratification. Cette imprégnation et injection granitique sont accompagnées d'une minéralisation intense, représentée non seulement par le développement local des minéraux borés et fluorés des

pegmatites, mais encore par des sels complexes de terres rares, des oxydes, des sulfures et des métaux natifs, l'or en particulier [1].

Ceux-ci ne sont pas seulement développés dans les filons et les veinules d'injection, mais encore dans la roche encaissante, à des degrés divers cependant.

Partout schistes et granits sont plus ou moins profondément latéritisés ; la latérite est de couleur claire, rosée ou rougeâtre ; elle représente le produit de décomposition en place de la roche sous-jacente, dont elle garde fréquemment complètement la structure. Cette latéritisation est souvent très profonde et descend jusqu'à trente mètres et au-delà ; avec un peu d'habitude, on peut aisément, par un examen rapide, reconnaître le produit initial qui s'est transformé en latérite.

Sur de très nombreux points de l'île, les filons quartzeux, de même que les granulites, greisen et pegmatites, sont aurifères, et depuis un temps immémorial Madagascar a fourni une production annuelle du métal précieux. Jusqu'à ces dernières années, les indigènes se bornaient à laver les alluvions des rivières et ruisseaux qui serpentent à la surface avec des moyens tout à fait primitifs ; la batée était l'instrument généralement adopté (comme dans toute l'Afrique d'ailleurs), et ce n'est que récemment que l'on a songé à employer des moyens plus perfectionnés, et que l'on a commencé à broyer les filons de quartz.

Parmi les centres aurifères importants, il faut citer la région qui avoisine Mevatanana ; la production de cette région est centralisée depuis plusieurs années déjà par la Compagnie occidentale de Madagascar (l'ancienne Suberbie), et cette société a extrait jusqu'à 600 kilogs par an (actuellement 300 environ), avec les moyens primitifs indiqués.

La région en exploitation est située au sud et à l'est de Mevatanana ; elle comprend une série de tributaires de l'Ikopa et de la Betsiboka, et se trouve dans la zone dite des gradins, qui est

[1] Voir L. Duparc, M. Wunder, R. Sabot, Les minéraux des pegmatites des environs d'Antsirabei. *C. R. de la Soc. de phys. de Genève*, t. 36, 1910.

intermédiaire entre la côte et la région des hauts plateaux ; elle s'élève jusqu'à 800 mètres environ au-dessus du niveau de la mer.

Le centre principal est aux alentours d'Antsiafabositra, mais il existe une série de postes plus éloignés, qui réunissent l'or exploité par les malgaches.

Toute la contrée est formée par des schistes cristallins (gneiss, schistes-injectés, etc.) ; les formations sédimentaires développées sur la côte occidentale, et qui, en opposition avec les schistes, sont très peu disloquées et presqu'horizontales. commencent à l'ouest de Mevatanana. Partout la latéritisation est intense, et ce n'est que ça et là que l'on voit percer un pointement rocheux intact au milieu de cette latérite. La roche dominante qui paraît former la latérite et dont on trouve encore ça et là quelques fragments très altérés, est un gneiss qui, sous le microscope, est formé par du mica blanc en abondance associé à du quartz et à des feldspaths complètement transformés en kaolin souvent lessivé, de sorte que la roche a une structure spongieuse et vacuolaire. Les éléments ferrugineux opaques en grains irréguliers, paraissent y être assez abondants.

Ces schistes sont, comme partout, traversés par de très nombreux filons et veinules de roches acides. J'ai reconnu parmi celles-ci des pegmatites assez largement cristallisées, avec muscovite à petit angle des axes (2 V = 30 — 40°), et qui renferment presque toujours de la tourmaline noire ; puis des filonets de quartz et de greisen à structure grossièrement grenue, qui, comme nous le verrons, sont souvent riches en éléments ferrugineux. Les cours d'eau de la région coulent dans la latérite.

Pendant la période des pluies et des orages fréquemment très violents, le ruissellement, qui est intense, érode fortement la latérite, et les eaux bourbeuses qui résultent de cette érosion s'écoulent avec une grande vitesse dans des ravins étroits et encaissés, dont la pente est presque toujours rapide. Dans ces ravins, il se fait un classement naturel des produits arrachés à la latérite, et après les grandes crues, on trouve, dans les anfractuosités du lit, et dans les parties de celui-ci qui ont fonctionné comme des « sluices » naturels, des *sables noirs, lourds et ferrugineux*, parfois en assez grande abondance. Ceux-ci ne sont pas

disséminés sur toute l'étendue du lit du ravin, ils sont accumulés sur les points où se produit une discontinuité de la pente. Ce sont ces mêmes sables que les indigènes récoltent sur leur batée comme produit final du lavage des alluvions qui se forment d'une saison à l'autre dans le canal d'écoulement de ces torrents, presque taris pendant la période de sécheresse.

L'origine de ces sables noirs n'est pas douteuse, le matériel qui les constitue a évidemment été emprunté à la latérite, que l'on trouve sans discontinuité de la naissance du ravin jusqu'à sa jonction avec les artères plus importants. Or, cette latérite provient exclusivement de schistes cristallins et de filons éruptifs acides qui les traversent; les roches basiques font totalement défaut, ce que l'on peut vérifier aussi bien sur les roches en place que sur les galets. L'or que l'on récupère au lavage se trouve distribué aussi bien dans les filons que dans les schistes encaissants; en effet, la latérite, là où elle est entièrement argileuse et sans traces de veinules quartzeuses, donne également de l'or au lavage ; ce fait paraît être très général, non seulement à Madagascar, mais encore dans d'autres gisements analogues (Guinée française, Siguiri, etc.). Cet or qui est presque toujours très fin, reste sur la batée mêlé aux sables noirs dont il est aisément séparé. Cependant les orpailleurs malgaches ont depuis longtemps remarqué que si l'on broye ces sables, et si l'on soumet la poudre obtenue à un nouveau lavage, on *récupère souvent de l'or excessivement fin.*

Ces sables noirs, à ce que nous a affirmé M. le Dr Bernet qui a dirigé ces exploitations, et auquel nous devons plusieurs renseignements intéressants, présentent sur plus de cent kilomètres autour de Mevatanana des caractères analogues; c'est absolument ce que j'ai pu constater sur des spécimens provenant de points assez distants les uns des autres. Ils sont assez fins et analogues aux schlichs ordinaires. A la loupe, on y voit passablement de grains de quartz, quelques paillettes micaces, et principalement des grains noirs ferrugineux et opaques. Avec les sables fins, on trouve toujours en plus ou moins grande quantité de fragments plus ou moins volumineux d'oxydes de fer. Ces fragments sont souvent faiblement arrondis, et prennent l'aspect de petits galets rugueux, pouvant dépasser la

dimension d'un œuf de pigeon, mais généralement ils sont plus petits. Plusieurs de ces galets gardent manifestement une forme octaédrique ; d'autres sont plats, lamellaires et friables. Un examen détaillé nous a permis de nous convaincre que ces octaèdres étaient de la *magnétite* prépondérante dans les sables, accompagnée d'un *oligiste* plus rare et un peu spécial.

Les octaèdres de magnétite sont généralement émoussés, à faces corrodées, disposées en décroissements. Quand on les brise, *ils sont fréquemment caverneux et renferment du quartz à l'intérieur,* d'autres fois cet intérieur est limonitisé. Ces octaèdres sont attirables au barreau aimanté, et agissent sur l'aiguille aimantée ; quand ils ne sont pas trop altérés, ils donnent une poussière noirâtre et raient la porcelaine en noir grisâtre. Sur plusieurs spécimens, j'ai fait des dosages du fer ferreux par différentes méthodes, notamment par dissolution dans l'acide phosphorique, et par titration avec le permanganate, les résultats obtenus oscillent entre 20 et 22 %, suivant l'état d'altération du minéral. Densité = 4.967.

L'oligiste paraît plus rare, j'en ai eu seulement quelques gros fragments plats entre les mains. Il est très friable, et présente une structure lamellaire. A la surface des lames et des plaquettes, on voit de fines stries qui se coupent et qui sont la trace du clivage. Le minéral raie la porcelaine en rouge brun, avec poussière rouge ; il n'est pas attirable au barreau aimanté, mais il dévie l'aiguille aimantée. Sa composition est donnée par l'analyse suivante :

SiO_2	=	0.25
Fe_2O_3	=	99.63
TiO_2	=	0.83
FeO	=	0.63
		101.34

Densité = 5,172

L'oxyde ferreux a été dosé par plusieurs procédés différents, soit par l'attaque à l'acide phosphorique, soit par dissolution dans l'acide chlorhydrique et titration par le permanganate dans les conditions habituelles pour les solutions chlorhydriques.

L'origine exacte du matériel constitutif des sables noirs n'est

pas encore complètement élucidée. En ce qui concerne l'oligiste, j'ai vu ce minéral associé à des lamelles de mica analogues à celui des filons de pegmatites. D'autre part, M. Bernet a rapporté des morceaux de greisen grossièrement grenu dans lesquels on peut voir de grosses masses d'oligiste lamellaire qui s'y trouvent incluses à l'état d'élément accessoire ; il n'y a donc pas de doute possible pour l'origine du minéral. Quant à la magnétite, je ne l'ai pas vue dans la roche mère, mais seulement en octaèdres roulés dans les sables. Toutefois l'absence de roches basiques dans la région, et le fait que dans l'intérieur de certains cristaux on observe du quartz, semblent indiquer pour ce minéral une origine semblable à celle de l'oligiste.

En octobre dernier, j'apprenais accidentellement que l'on avait trouvé du platine dans les sables noirs, souvent avec de grosses teneurs. On parlait en effet de 20 à 40 grammes à la tonne et même davantage. Ce fait m'intrigua vivement, car à priori, il ne me paraissait guère compatible avec ce que je savais des gites platinifères et de l'origine du platine. Ce n'est pas à dire que ce métal soit inconnu à Madagascar; M. Lacroix[1] cite en effet trois régions où il a été rencontré sur la côte et dans les alluvions aurifères de certaines rivières; j'ai moi-même vu un spécimen de ce platine qui est d'ailleurs connu depuis plusieurs années, et qui se trouve à côté de l'or en grains et paillettes fortement roulés. A la vérité, j'ignore son origine, n'étant pas allé sur les lieux, je dirai seulement qu'à Madagascar la présence de roches basiques platinifères n'est nullement exclue. Ce qui me paraissait surprenant pour les sables noirs en question, c'est que, dans une région où on lave de l'or depuis tant d'années, où on récupère de l'or excessivement ténu par le broyage des galets ferrugineux contenus dans ces sables, les indigènes n'aient jamais observé la présence de ce platine (ce qui cependant a toujours été le cas partout où le platine, le palladium ou l'osmiure d'iridium se rencontrent même en traces dans les alluvions aurifères, ce que j'ai personnellement maintes fois constaté). De plus, on a pu voir par ce qui précède sur la

[1] A. Lacroix. Minéralogie de la France et des colonies, t. 4, 2e partie.

nature des sables noirs, qu'il s'agirait ici d'un platine sur gangue acide ; or, les gisements de cette nature sont, jusqu'ici, tout à fait exceptionnels, et n'ont, à ma connaissance du moins, pas de valeur industrielle. Sans doute, certains sables noirs de l'Oural passés au creuset donnent parfois de belles teneurs en platine, mais les expériences encore inédites que j'ai faites sur ces sables m'ont démontré que ces teneurs ne se rencontrent que là où ceux-ci sont formés par de la chromite pure, c'est-à-dire dans la région où les rivières platinifères ravinent la dunite. Ailleurs les sables noirs des alluvions aurifères que j'ai examinés étaient toujours stériles, ou si la rivière était platinifère, ne renfermaient que des traces de platine.

J'ai donc cherché à vérifier l'existence du platine aux teneurs indiquées dans les sables noirs de Madagascar sur le matériel que j'ai pu me procurer. Dans une première série d'essais effectués avec mes deux assistants, MM. Wunder et Couchet, nous avons expérimenté sur des sables récoltés sur place par M. Bernet, qui a bien voulu nous les remettre. Nous avons tout d'abord pulvérisé une certaine quantité de ces sables, très finement, en criblant sur un tamis de soie à 200 mailles, et en reprenant les refus ; on broyait ensemble les gros fragments et les sables ordinaires ; les expériences ont été faites avec la poudre ainsi obtenue. Nous avons tout d'abord soumis celle-ci à un lavage méticuleux pour en isoler éventuellement le platine ; les essais ont été absolument infructueux, et nous n'avons obtenu aucun résidu de métal précieux. Nous avons alors passé cette poudre au creuset par essai de 25 grammes. La litharge que nous avions en ce moment avait été soigneusement essayée, et sur un culot de plomb de 25 grammes ne laissait pas de bouton d'argent appréciable, ce qui n'a pas été le cas pour les litharges que nous avons eues dans la suite. Nous avons opéré par la méthode ordinaire, c'est-à-dire par fusion plombeuse, en présence de beaucoup de fondant. Les scories étaient toujours parfaitement vitreuses, ce qui a été dûment constaté.

Sur quatre essais successifs faits dans les mêmes conditions, le résultat obtenu fut absolument négatif. La coupellation des culots de plomb ne laissa chaque fois aucun bouton métallique appréciable. L'échantillon fut envoyé en contrôle à une usine

qui a la spécialité des essais de métaux précieux, le résultat accusé par cette usine fût identique à celui que nous avions obtenu.

Je me suis fait adresser alors une nouvelle série d'échantillons de sables noirs dans lesquels, me disait-on, la présence du platine avait été dûment constatée à des teneurs que j'ignore, mais qui, d'après ce que l'on m'a affirmé, étaient élevées. Ces sables étaient pulvérisés et tout préparés pour l'analyse ; j'avais de chaque échantillon une quantité suffisante pour faire deux essais de 25 grammes. La pulvérisation n'était pas poussée très loin et la poudre était beaucoup plus grossière que celle qui m'avait servi à faire les essais précédents. La litharge avec laquelle nous opérions contenait 0.0008 gr. d'Ag pour 25 grammes de plomb. Je donnerai ci-dessous *in-extenso* les résultats obtenus sur une prise régulière de 25 grammes.

Essais		Métaux précieux par tonne	Moyenne
A	N° 1	4 gr.	4 gr.
	» 2	4 »	
B[1]	» 1	16 »	16 »
C	» 1	12 »	8 »
	» 2	4 »	
D	» 1	24 »	24 »
E	» 1	20 »	18 »
	» 2	16 »	
F[1]	» 1	72 »	72 »

Le défaut de concordance entre certains de ces essais provient certainement de la dimension trop grossière de la poudre et de celle de l'or contenu dans les sables.

Tous les boutons renfermaient de l'or ; nous avons remis ceux qui provenaient des deux essais pour y rechercher le platine, *dans aucun cas nous n'avons pu constater la présence de ce métal.* Faute de matière nous n'avons pu pousser plus loin nos essais.

[1] Les essais en double sur B et F ayant été faits sur une quantité de matière trop faible ne sont pas donnés ici.

Nous avons alors essayé séparément un lot de cristaux de magnétite préalablement triés dans un nouvel envoi de sables noirs, ainsi que l'oligiste que nous avons extrait du grais en lui-même. Les résultats obtenus ont été les suivants :

Oligiste : Résultat nul, pas de bouton.

Magnetite : 4 gr. de métaux précieux par tonne.

Il a été impossible d'itentifier le platine sur les boutons obtenus.

Entre temps, à la suite de la découverte de prétendus gisements de Westphalie, on a beaucoup parlé de la nouvelle méthode d'essai du Dr Hommel, qui donnerait des résultats là où toutes les autres échouent. Ce fait tiendrait à ce que le platine là où il est excessivement ténu, passerait dans la scorie, et non dans le culot de plomb, d'où les résultats négatifs. Je remarque que dans une scorie vitreuse qui est tout à fait exempte de particules solides opaques, il est difficile de se représenter ce que devient ce platine très divisé. La dite méthode m'a été obligeamment transmise par une affinerie de platine bien connue. Elle consiste à fondre le minerai avec de la galène argentifère, broyer le tout très fin, puis scorifier avec le plomb et du borax. On concentre ensuite les culots et on coupelle.

Pour vérifier nos essais, avec la méthode usuelle ; j'ai introduit dans 25 grammes de sable qui s'étaient montrés exempt de platine, une quantité de 0,001 de cet élément correspondant, dosé à 40 gr. par tonne. Ce platine a été intégralement retrouvé ; au premier coup d'œil déjà le bouton présentait un aspect caractéristique, sur lequel il était impossible de se tromper. Après dissolution du platine dans l'eau régale, ce dernier a été aisément précipité par la chlorure d'ammonium.

Un nouvel envoi de sable noir m'étant parvenu, j'en ai prélevé une certaine quantité, qui fut envoyée à l'usine citée précédemment. Après broyage, la poudre très fine obtenue fut partagée en deux lots. Le premier fut essayé dans l'usine par la méthode Hommel, et par la méthode usuelle, le second fut essayé dans mon laboratoire. Les résultats furent les suivants :

1° Essai à l'usine : 10 à 12 grammes d'or par tonne par les deux méthodes.

2° Essai au laboratoire de minéralogie, 10 grammes d'or par tonne.

Il a été impossible de trouver des traces de platine dans les boutons ; les essais ont été contrôlés par des témoins.

Un nouvel essai effectué sur un autre lot des mêmes sables pulvérisés à nouveau, a donné une seconde fois 10 grammes d'or par tonne et pas trace de platine.

Il résulte donc des expériences qui précèdent, que jusqu'à présent il m'a été impossible d'identifier le platine dans les sables noirs que j'ai eus entre les mains.

Je continue ces recherches et communiquerai sous peu des nouveaux résultats obtenus par une méthode absolument différente sur le même matériel.

LA
MATIÈRE COLORANTE
DES
FLEURS ULTRA-VIOLETTES

PAR

Gustave MICHAUD et **J. Fidel TRISTAN**
Professeurs à l'Ecole Normale de Costa Rica

(Avec les planches II, III et IV)

Nous avons photographié, jusqu'à ce jour, un total de 90 fleurs de toutes couleurs à travers l'écran de Foucault (objectif de quartz argenté laissant passer seulement celles des radiations solaires comprises entre 3160 et 3260 unités Angström). Chaque photographie a été répétée avec un objectif ordinaire dans le but de permettre une comparaison entre l'image obtenue en lumière ultra-violette et celle obtenue en lumière visible. Nous avons ainsi constaté que la très forte absorption de l'ultra-violet observée par Wood pour quelques fleurs blanches *est un phénomène très général pour toutes les fleurs qui ne sont pas jaunes et qui présente de curieuses exceptions chez ces dernières.* Les corolles blanches aussi bien que les violettes, bleues ou rouges, examinées par nous, absorbent, sans une seule exception et très puissamment la lumière ultra-violette de la longueur d'onde indiquée ci-dessus et sont d'un noir presque uniforme dans les photographies faites avec l'écran de Foucault. Il faut d'ailleurs noter que la face inférieure des corolles, celle qui regarde le sol, absorbe généralement beaucoup moins l'ultra-violet que la face supérieure. Quant aux fleurs jaunes, il faut les

diviser en deux classes, que rien ne sépare, à la vue, l'une de l'autre : la première classe, qui comprend la plupart des corolles jaunes, satisfait à la loi générale et donne en lumière ultra-violette des images noires. Le phénomène diamétralement opposé s'observe chez les fleurs de la seconde catégorie : Loin d'absorber presque totalement l'ultra-violet, ces fleurs le réfléchissent au contraire presque totalement, et apparaissent dans les photographies faites avec l'écran de Foucault d'un blanc pur qui contraste étrangement avec la teinte noire des autres fleurs. Nous n'avons trouvé jusqu'à présent que dix de ces fleurs anormales, pour lesquelles nous proposons le nom de fleurs ultra-violettes, destinées à les distinguer de celles qui obéissent à la loi générale de forte absorption et à rappeler la forte valeur de leur pouvoir réflecteur pour l'ultra-violet. En voici la liste :[1]

Cucurbita Pepo.	*Tithonia Speciosa.*
Leontodon Taraxacum.	*Oenothera Sp.*
Cassia pubescens.	*Spilanthes parvifolia.*
Cucumis sativus.	*Sida rombifolia.*
Sonchus oleraceus.	*Oxalis corniculata.*

La planche II montre une de ces fleurs ultra-violettes *(Cucurbita Pepo)*, photographiée en lumière visible aussi bien qu'en lumière ultra-violette. La planche III montre la puissante absorption de l'ultra-violet dans le cas d'une fleur normale (chrysanthème) qui apparaît complètement noire dans la photographie faite en lumière ultra-violette. La planche IV fait ressortir le contraste extraordinaire qui se manifeste entre un groupe de fleurs normales quelconques et deux fleurs ultra-violettes, dans une photographie faite en lumière ultra-violette.

La relation de 10 fleurs ultra-violettes à 90 fleurs de toutes couleurs ne peut pas servir pour le calcul, même approximatif, du pour cent de fleurs ultra-violettes car, après avoir constaté que les corolles ultra-violettes doivent être cherchées uniquement parmi les fleurs jaunes, nous n'avons plus guère photographié que ces dernières dans l'espérance de trouver parmi

[1] Détermination faite par MM. Oton Jiménez et A. Tonduz, conservateurs de l'herbier du Musée National de Costa Rica.

elles de nouvelles fleurs ultra-violettes. Néanmoins, en nous basant sur nos premières photographies de fleurs prises au hasard, nous estimons que sur cent fleurs de toutes couleurs il y en a probablement de 4 à 5 qui sont ultra-violettes.

Nous avons extrait facilement la matière colorante jaune des fleurs mâles de *Cucurbita Pepo*. Il suffit pour cela de découper la partie supérieure des pétales et de les traiter par l'alcool bouillant, qui dissout la matière colorante et, en moins de dix minutes, laisse les pétales décolorés. Par le refroidissement, cette matière colorante se dépose spontanément — sinon pure au moins concentrée — au sein de l'alcool. On la sépare par filtration. Elle se dissout très facilement dans le benzol et dans l'éther. Nous avons tenté de photographier, à travers l'objectif de quartz argenté, une couche de cette matière colorante déposée sur une feuille de papier blanc par l'évaporation de la solution dans le benzol. En moins de temps qu'il n'en avait fallu pour l'exposition (45 minutes), la couleur avait disparu. Etant donné la stabilité de cette matière colorante chez les fleurs qui la produisent, ce fait nous parut paradoxal. Une couche semblable à la précédente fût partiellement couverte par trois fragments de verre respectivement bleu de cobalt, jaune orangé et rouge photographique, et le tout fut exposé au soleil. Les verres rouge et jaune empêchèrent la décomposition de la matière colorante. Le verre bleu n'eut qu'une action protectrice à peine perceptible. Peut-être cette décomposition de la matière colorante des fleurs ultra-violettes sous l'influence de la lumière bleue ou violette est-elle un phénomène de réduction empêché, dans la fleur même, par la présence d'une substance oxydante.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1912

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

Raoul GAUTIER

Directeur de l'Observatoire de Genève

(Suite)[1]

V. Vents

Genève. — L'observation du vent se fait de deux manières différentes : 1° six fois par jour, à l'ancienne girouette, en exprimant la force du vent par les sept chiffres de 0 à 6 de la demi-échelle de Beaufort ; 2° au moyen de l'anémographe de Richard, enregistrant automatiquement la direction et la vitesse du vent.

Le *tableau XIX* donne les résultats généraux du premier système d'observations. Il fournit, pour les différents mois et pour l'année, le nombre des calmes et le nombre de fois où le vent a été observé, avec la force 1 ou avec une force supérieure, dans chacune des seize directions de la rose des vents, le chiffre indiqué tenant compte du facteur (1 à 6) qui représente la force du vent.

Le *tableau XX* donne d'abord les nombres de cas de vent du nord-nord-est et du sud-sud-ouest et leurs rapports, puis la proportion des calmes. Il indique ensuite les résultats du deuxième système d'observation du vent, au moyen de l'anémographe de Richard. Il fournit, pour les différents mois de

[1] Voir *Archives*, t. XXXVI, Décembre 1913, p. 549.

XIX. Vents observés. GENÈVE, 1912.

	Décemb. 1911	Janvier 1912	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année météor.	Année civile
Calme .	40	38	29	22	12	18	34	30	30	30	45	50	51	378	389
N	6	17	25	19	34	43	41	72	25	30	8	4	1	324	319
NNE ..	12	71	9	14	144	56	12	10	1	124	74	66	3	593	584
NE....	1	4	3	1	2	2	1	0	3	3	8	11	7	39	45
ENE...	1	3	1	0	2	0	0	1	2	1	2	0	3	13	15
E.....	3	1	1	0	3	2	2	0	0	0	0	3	0	15	12
ESE...	10	4	1	0	5	0	0	0	2	1	0	0	0	23	13
SE	15	11	2	4	3	4	4	4	0	0	1	2	0	50	35
SSE ...	5	1	2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	13	9
S.....	4	0	2	4	0	1	2	1	4	0	0	2	1	20	17
SSW ..	66	43	50	82	23	57	60	42	81	18	48	48	13	618	565
SW ...	12	13	23	19	5	17	13	11	14	9	9	2	11	147	146
WSW .	10	7	10	15	8	4	9	6	11	4	6	7	5	97	92
W.....	3	5	4	7	3	7	6	6	10	2	6	3	4	62	63
WNW .	6	2	0	1	1	1	0	3	7	1	2	3	9	27	30
NW ...	3	4	8	9	5	2	4	3	3	3	7	4	2	55	54
NNW..	5	4	12	16	15	8	9	7	3	9	5	10	6	103	104

XX. Vents. GENÈVE, 1912.

PÉRIODE	VENTS			Calme s. 1000	Vitesse moyenne du vent km. par heure
	NNE.	SSW.	Rapport		
Décembre 1911.	19	82	0.23	215	4.95
Janvier 1912...	92	56	1.64	204	6.84
Février.....	37	75	0.49	167	3.87
Mars.....	34	105	0.32	118	7.15
Avril	180	28	6.43	67	10.90
Mai.....	101	75	1.35	97	7.64
Juin	54	75	0.72	189	6.05
Juillet	82	54	1.52	161	4.85
Août.....	29	99	0.30	161	5.53
Septembre.....	157	27	5.81	167	8.10
Octobre	90	57	1.58	242	6.31
Novembre	81	52	1.56	278	7.61
Décembre	11	25	0.44	274	2.02
Année météor..	956	785	1.22	172	—
Année civile ...	948	728	1.30	177	—

l'année, la *vitesse moyenne du vent* exprimée en *kilomètres par heure*, sans distinguer dans quelle direction soufflait le vent. On y constate que les mois les plus calmes ont été ceux de février puis de décembre 1912, et que le mois le plus venteux a été celui d'avril.

Si l'on recherche encore, dans le même ordre d'idées, les jours pour lesquels la vitesse du vent a dépassé, en moyenne, *25 kilomètres à l'heure,* on en trouve huit dans l'année, tous jours de *bise.* En voici le tableau :

1912	Km. p. h.	Direction
28 janvier 1912	30.0	NNE
29 »	26.0	»
2 avril	25.2	»
30 »	28.4	»
1 mai	28.4	»
26 »	29.3	»
13 septembre	29.1	»
4 octobre	37.0	»

Le *tableau XXI* contient le relevé des jours de forte bise (NNE) et de fort vent du midi (SSW). Les nombres des jours de forte bise et de fort vent de midi sont inférieurs aux chiffres moyens, qui sont de 42 et de 44.

XXI. GENÈVE, 1912.

Période	Nombre de jours de forte bise	Nombre de jours de fort vent du midi
Décembre 1911..	0	5
Janvier 1912	5	3
Février.....	0	5
Mars.....	1	5
Avril	9	0
Mai.....	3	1
Juin.....	0	3
Juillet..... ...	0	0
Août.....	0	1
Septembre.....	9	0
Octobre	3	0
Novembre	3	2
Décembre.....	0	0
Année météorol.	33	25
Année civile	33	20

XXII. Vents. SAINT-BERNARD, 1912.

PÉRIODE	VENTS			Calme sur 1000
	NE.	SW.	Rapport	
Décembre 1911...	107	69	1.55	32
Janvier 1912.....	87	84	1.04	22
Février.....	48	96	0.50	92
Mars	85	75	1.13	32
Avril	104	49	2.12	44
Mai	98	44	2.23	87
Juin.....	60	61	0.98	33
Juillet	57	59	0.97	11
Août.....	55	57	0.96	11
Septembre.....	88	20	4.40	144
Octobre	58	47	1.23	215
Novembre..... ..	97	22	4.41	300
Décembre	57	31	1.84	323
Année météorol..	944	683	1.38	85
Année civile	894	745	1.20	109

XXIII. Pluie et neige. 1912.

PÉRIODE	GENÈVE			SAINT-BERNARD		
	Nombre de jours	Eau tombée	Nombre d'heures	Nombre de jours	Eau tombée	Hauteur de la neige
		mm			mm	cm
Décembre 1911. .	17	120.4	95	18	161.5	178
Janvier 1912.. .	12	63.4	44	12	80.7	113
Février..... ...	15	59.7	63	16	134.2	162
Mars.....	20	120.3	95	19	227.7	278
Avril	7	23.5	22	14	102.9	102
Mai.....	13	56.8	63	13	97.3	36
Juin..... .	15	87.6	63	15	146.9	47
Juillet.....	13	79.2	35	9	78.8	10
Août.....	21	123.6	98	15	217.9	52
Septembre.....	9	15.0	23	3	35.9	20
Octobre.....	14	140.1	84	15	200.5	197
Novembre.....	8	37.5	41	9	107.5	144
Décembre.....	8	40.0	68	10	121.4	152
Hiver.....	44	243.5	202	46	376.4	453
Printemps..... .	40	200.6	180	46	427.9	416
Eté.....	49	290.4	196	39	443.6	109
Automne.	31	192.6	148	27	343.9	361
Année météorol. .	164	927.1	726	158	1591.8	1339
Année civile.....	155	846.7	699	150	1551.7	1313

Grand Saint-Bernard. — La direction du vent est observée à la girouette placée sur le nouveau bâtiment ; les observations se font trois fois par jour, en estimant la vitesse du vent, autant que faire se peut, suivant la demi-échelle de Beaufort.

Vu la situation de l'hospice sur le col, on n'y observe que deux vents, ceux qui correspondent aux grands courants du NE et du SW. Le calme ne s'observe que rarement ; il y en a eu cependant un peu plus que d'ordinaire à la fin de l'année. Le *tableau XXII* fournit les résultats moyens de ces observations en ce qui concerne les deux courants, leurs rapports et les calmes.

VI. Pluie et neige

Le *tableau XXIII* fournit, pour *Genève*, les données relatives à l'eau tombée et, pour le *Grand Saint-Bernard*, celles relatives à la fois à la *pluie* et à la *neige*.

Il convient donc de compléter ces données, en ce qui concerne Genève, en indiquant ci-après les hauteurs de *neige* mesurées en 1912 à l'observatoire :

Neige a Genève en 1912

cm.				
33	en février	1912	en	3 jours
5	en novembre	»	»	1 »
38	dans l'année	1912	en	4 jours

Il avait peu neigé en 1909, en 1910 et en 1911 à Genève. Il a encore très peu neigé en 1912. Ce n'est qu'en février qu'il y a eu de la neige, puis en novembre, mais c'est insignifiant.

Le *tableau XXIV* indique les écarts entre les moyennes de Plantamour et les totaux de 1912 pour le nombre de jours de pluie et pour la hauteur d'eau tombée, aux deux stations, dans les divers mois, les saisons et l'année.

Loin d'être aussi pluvieuse que l'année exceptionnelle 1910, 1912 est cependant une année humide, dépassant la moyenne à *Genève,* comme quantité et surtout comme fréquence, la dépassant encore plus au *St-Bernard.* Seul des quatre saisons, l'automne est moins pluvieux que d'ordinaire.

XXIV. Ecarts avec les moyennes de précipitations. 1912.

PÉRIODE	GENÈVE		GRAND ST-BERNARD	
	Jours de pluie	Eau tombée	Jours de pluie	Eau tombée
		mm		mm
Décembre 1911...	+ 8	+ 69.4	+ 10	+ 88.4
Janvier 1912.....	+ 2	+ 14.6	+ 1	− 48.4
Février	+ 7	+ 23.2	+ 7	+ 40.6
Mars.....	+ 10	+ 73.1	+ 8	+ 130.8
Avril	− 4	− 33.3	+ 3	− 17.2
Mai.....	+ 1	− 22.4	+ 2	− 22.8
Juin.....	+ 4	+ 11.7	+ 5	+ 45.6
Juillet	+ 4	+ 8.4	0	+ 3.7
Août.....	+ 11	+ 43.2	+ 6	+ 132.1
Septembre	− 1	− 79.3	− 6	− 80.1
Octobre.....	+ 2	+ 39.1	+ 5	+ 58.2
Novembre.....	− 3	− 36.5	− 1	+ 9.0
Décembre	− 1	− 11.0	+ 2	+ 48.3
Hiver	+ 17	+ 107.2	+ 18	+ 80.6
Printemps.....	+ 7	+ 17.4	+ 13	+ 90.9
Eté..... .	+ 19	+ 63.3	+ 11	+ 181 3
Automne.....	− 2	− 76.7	− 2	− 13.0
Année météorol..	+ 41	+ 111.2	+ 40	+ 339.8
Année civile.....	+ 32	+ 30.8	+ 32	+ 299.7

Les mois les plus humides sont : octobre à Genève et mars au St-Bernard, au point de vue absolu ; mars à Genève et août au St-Bernard au point de vue relatif. Le mois le plus sec est le très froid mois de septembre, et il l'est à la fois aux deux points de vue, relatif et absolu.

Il y a une différence sensible entre l'année civile et l'année météorologique, à Genève surtout, le mois de décembre 1912 ayant été relativement sec, tandis que celui de 1911 avait été très humide.

Quant aux nombres de jours de pluie, ils ont été, aux deux stations, très supérieurs aux chiffres moyens. Dans l'année météorologique il n'y a que trois mois à Genève et deux au St-Bernard qui fournissent des écarts négatifs.

La *statistique de la pluie* a été, comme d'ordinaire, développée, pour *Genève,* dans les deux tableaux suivants :

Le *tableau XXV* donne, pour chaque mois, la plus longue période de sécheresse, ou le nombre maximum de jours consécutifs sans pluie, et la plus longue période pluvieuse, ou le

XXV. Périodes de sécheresse et de pluie. GENÈVE, 1912.

PÉRIODE	PÉRIODES DE SÉCHERESSE	PÉRIODES PLUVIEUSES	PLUIE dans les 24 heures au-dessous de		PLUIE dans 24 heures	
			1mm	0mm.25	Maximum	Chute dépassant 30 mm.
					mm.	
Décembre 1911..	6 jours (28 novembre-3)	8 jours (20-27)	0 jours	0 jours	18.8 le 15	—
Janvier 1912....	7 » (26-1 février)	5 » (5-9)	4 »	1 »	32.0 le 6	1
Février	4 » (15-18)	4 » (8-11)	6 »	2 »	19.3 le 2	—
Mars	4 » (25-28)	8 » (29 février-7, 17-24)	4 »	2 »	22.6 le 3	—
Avril	10 » (11-20)	2 » (31-1 avril, 9-10, 27-28)	2 »	2 »	7.5 le 27	—
Mai.....	7 » (8-14)	5 » (21-25)	2 »	1 »	13.2 le 22	—
Juin	6 » (17-22)	11 » (29 mai-8)	3 »	2 »	21.9 le 5	—
Juillet	6 » (8-13)	4 » (17-20)	4 »	3 »	21.3 le 19	—
Août	3 » (15-17)	7 » (4-10)	7 »	4 »	18.7 le 13	—
Septembre	16 » (12-27)	6 » (28-3 octobre)	3 »	1 »	7.2 le 2	—
Octobre	9 » (8-16)	6 » (21-26)	0 »	0 »	61.0 le 2	1
Novembre	9 » (1-9)	3 » (10-12)	2 »	1 »	12.0 le 30	—
Décembre	11 » (3-13)	3 » (16-18)	2 »	0 »	14.8 le 26	—
Année météorol.	16 jours (12-27 septembre)	11 jours (29 mai-8 juin)	37 jours	19 jours	61.0 le 2 oct.	2
Année civile....	Id.	Id.	39 »	19 »	id.	2

nombre maximum de jours consécutifs où de la pluie a été recueillie. La plus longue période de sécheresse est en septembre ; la plus longue période pluvieuse, en mai-juin.

Le même tableau indique le nombre de jours où la hauteur de la pluie mesurée a été inférieure à 1^{mm} et à $^1/_4$ de millimètre. Enfin, ce tableau donne le maximum de pluie recueilli chaque mois ; quant au nombre de jours où la hauteur d'eau tombée a atteint ou dépassé 30 millimètres, il n'est que de deux cette année, un en janvier et un en octobre. Le total le plus remarquable est celui de 61^{mm} le 2 octobre.

Comme complément à ces indications, il sera intéressant de noter ici, comme précédemment, le relevé des plus violentes averses enregistrées durant un court espace de temps au pluviomètre d'Usteri-Reinacher.

Date 1912		mm.	minutes	mm. par min.
Mars	2	4	10	0.4
Mai	16	3	10	0.3
Juillet	18	5	5	1.0
»	»	2.5	5	0.5
»	19	7	20	0.35
Août	3	3	10	0.3
Octobre	2	3	5	0.6
»	»	6	10	0.6
»	31	3	6	0.5

Il n'y a pas eu de très violentes averses en 1912, mais il y a eu cependant quelques chutes d'eau importantes, spécialement en juillet et en octobre.

Le *tableau XXVI* a pour but de permettre la comparaison des différents mois entre eux et des quatre saisons entre elles au point de vue des précipitations atmosphériques. Il est, à cet effet, calculé de façon à éliminer les inégales durées des mois et des saisons. On y trouve : 1° la *durée relative de la pluie,* ou la fraction obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie par le nombre total d'heures de la période ; 2° le *nombre moyen d'heures de pluie par jour de pluie,* obtenu en divisant, pour chaque période, le nombre d'heures de pluie par le nombre de jours de pluie ; 3° *l'eau tombée dans une heure,* obtenue en divisant la hauteur d'eau tombée durant la période par le nombre d'heures de pluie de la période ; ce dernier chiffre représente donc l'intensité moyenne des chutes d'eau.

XXVI. GENÈVE 1912.

PÉRIODE	Durée relative de la pluie	Nombre moyen d'heures par jour	Eau tombée dans 1 heure
		h	mm
Décembre 1911.....	0.128	5.59	1.27
Janvier 1912.....	0.059	3.67	1.44
Février.....	0.091	4.20	0.95
Mars.....	0.128	4.75	1.27
Avril	0.031	3.11	1.07
Mai.....	0.085	4.85	0.90
Juin	0.088	4.20	1.39
Juillet.....	0.047	2.69	2.26
Août.....	0.135	4.67	1.26
Septembre.....	0.032	2.56	0.65
Octobre	0.113	6.00	1.67
Novembre	0.057	5.12	0.91
Décembre.....	0.091	8.50	0.59
Hiver.....	0.093	4.59	1.21
Printemps.....	0.084	4.50	1.11
Eté	0.089	4.00	1.48
Automne.....	0.068	4.77	1.30
Année météorolog...	0.083	4.43	1.28
Année civile.....	0.080	4.51	1.21

Le *tableau XXVII* contient le relevé général des observations faites dans les douze stations pluviométriques du canton de Genève et à l'observatoire. Je profite de cette occasion pour adresser mes sincères remerciements aux douze observateurs qui continuent à nous fournir régulièrement les hauteurs de pluie tombées sur notre petit territoire.

Le *tableau XXVIII* fournit, d'une façon analogue, les hauteurs de pluie et de neige tombées dans les quatre stations pluviométriques qui existent le long du val d'Entremont. Je remercie aussi les observateurs dévoués de ces stations.

Le *tableau XXIX* indique le nombre de *jours d'orage* ou *jours de tonnerre* à Genève, ainsi que le nombre de jours où des *éclairs* ont été vus à l'horizon sans que le bruit du tonnerre fût perceptible. Le nombre des jours d'orage est inférieur cette année au nombre moyen déduit par Plantamour de la moyenne des années de 1846 à 1875 (25). Le nombre des orages a été, d'ailleurs, plus grand que celui des jours d'orages, car il y a

XXVII. Stations pluviométriques du canton de GENÈVE, 1912.

Station :	*Céligny*	*Collex*	*Chambésy*	*Châtelaine*	*Satigny*	*Athenaz*	Compesières	*Veyrier*	*Genève*	*Cologny*	*Puplinge*	*Jussy*	*Hermance*
Altitude :	424 m.	440 m.	433 m.	425 m.	465 m.	428 m.	478 m.	423 m.	406 m.	450 m.	445 m.	470 m.	380 m.
Observat. : M.	Esquivillon	G. André	L. Perrot	Ch. Platel	Ch. Lamberey	A. Stœssel	J. Babel	B. Babel	Observatoire	H. Noll	A. Dunant	J. Micheli	Ch. Nyauld
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1911..	144.6	140.1	126.0	115.2	117.4	118.4	114.0	119.0	120.4	113.5	114.4	120.2	124.5
Janv. 1912.	88.8	83.4	64.9	53.4	89.5	84.2	59.2	62.4	63.4	60.1	58.9	60.9	52.7
Février....	81.2	70.9	69.1	63.2	61.8	62.1	54.6	55.1	59.7	64.5	(55.0)	55.1	66.2
Mars.....	164.6	144.4	137.6	122.7	149.8	131.0	107.1	107.9	120.3	107.2	105.3	121.4	118.5
Avril.....	22.9	20.7	23.3	25.6	22.5	23.0	20.5	22.2	23.5	23.9	27.8	31.0	19.7
Mai.....	100.1	117.8	95.3	64.7	62.2	54.8	48.6	47.5	56.8	75.3	74.7	86.3	86.2
Juin.....	76.7	70.2	81.3	78.8	63.2	67.1	85.5	115.3	87.6	87.1	109.2	121.2	83.1
Juillet....	138.0	93.8	86.1	71.2	90.8	73.3	65.1	99.0	79.2	70.4	99.8	90.5	85.9
Août.....	155.4	144.9	123.1	117.2	140.6	132.6	126.1	140.7	123.6	115.7	115.0	131.9	133.9
Septembre.	23.3	18.6	16.7	14.1	13.4	11.9	12.5	13.1	15.0	14.5	15.8	19.0	17.0
Octobre ...	158.6	137.8	136.1	138.2	121.0	151.2	132.8	126.5	140.1	132.4	124.1	166.3	133.7
Novembre .	73.1	56.6	50.8	40.1	60.8	52.3	35.0	33.8	37.5	35.1	29.2	29.5	40.2
Décembre .	71.5	50.0	47.7	41.3	52.0	53.4	44.5	28.2	40.0	32.5	31.8	52.2	32.3
Hiver.....	314.6	294.4	260.0	231.8	298.7	264.7	227.8	236.5	243.5	238.1	(228.3)	236.2	243.4
Printemps.	287.6	282.9	256.2	213.0	234.5	208.8	176.2	177.6	200.6	206.4	207.8	241.7	224.4
Eté.....	370.1	308.9	290.5	267.2	294.6	273.0	276.7	355.0	290.4	273.2	324.0	343.6	302.9
Automne ..	255.0	213.0	203.6	192.4	195.2	215.4	180.3	173.4	192.6	182.0	169.1	214.8	190.9
An. météor.	1227.3	1099.2	1010.3	904.4	1023.0	961.9	861.0	942.5	927.1	899.7	929.2	1036.3	961.6
An. civile..	1154.2	1009.1	932.0	830.5	927.6	896.9	791.5	851.7	846.7	818.7	846.6	968.3	869.4

XXVIII. Stations pluviométriques du val d'Entremont, 1912.

Station Altitude	Martigny 474m		Orsières 900m		Bourg-St-Pierre 1630m		Gr. St-Bernard 2476m	
PÉRIODE	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm
Déc. 1911.	150.8	—	114.2	28	57.4	75	161.5	178
Janv. 1912	84.5	3	59.6	11	31.3	38	80.7	113
Février ..	28.9	18	40.1	20	25.0	31	134.2	162
Mars	118.2	—	87.3	13	87.7	58	227.7	278
Avril	28 5	—	22.0	—	50 5	9	102.9	102
Mai	46.9	—	69.6	—	91.3	—	97.3	36
Juin.....	157.1	—	115.3	—	124.9	—	146.9	47
Juillet....	42.2	—	73.6	—	81 3	—	78.8	10
Août. ...	108.0	—	103.2	—	168.4	—	217.9	52
Septembre	21.4	—	21.5	—	26.9	—	35.9	20
Octobre ...	149.7	—	128.8	8	89.9	53	200.5	197
Novembre.	52.8	2	42.9	20	62.3	57	107.5	144
Décembre.	42 5	2	29.0	20	20.2	20	121.4	152
Hiver. ...	264 2	21	213 9	59	113.7	144	376.4	453
Printemps	193.6	—	178.9	13	229 5	67	427.9	416
Eté.	307.3	—	292 1	—	374.6	—	443.6	109
Automne..	223.9	2	193.2	28	179.1	110	343.9	361
An. mét..	989.0	23	878.1	100	896.9	321	1591.8	1339
Année civ.	880.7	25	792.9	92	859.7	266	1551.7	1313

eu fréquemment plusieurs orages par jour. Le mois le plus riche en orages, a été le mois de juillet. Pendant ces jours d'orage, il n'y a pas eu de *grêle* constatée à l'observatoire.

XXIX. Orages. GENÈVE, 1912.

PÉRIODE	Jours de tonnerre.	Jours d'éclairs sans tonnerre.	Grêle
Décembre 1911	—	—	—
Janvier 1912	—	—	—
Février	—	—	—
Mars	—	—	—
Avril	2	—	—
Mai	4	—	—
Juin	2	2	—
Juillet	7	3	—
Août	3	1	—
Septembre	—	—	—
Octobre	—	—	—
Novembre	—	—	—
Décembre	—	—	—
Année météorolog..	18	6	—
Année civile	18	6	—

VII. Nébulosité

La nébulosité s'exprime par les nombres de *zéro* à *dix* : *zéro* correspond à un ciel entièrement clair, *dix* à un ciel entièrement couvert. La mesure de la nébulosité se fait, à *Genève,* aux six observations diurnes, au *Grand Saint-Bernard,* trois fois par jour. La moyenne de ces six, ou trois, observations, donne la moyenne diurne de la nébulosité, représentée par un chiffre sans fraction. Pour les mois, les saisons et l'année, la nébulosité est exprimée par la moyenne des nébulosités de tous les jours de la période. Le chiffre principal est alors accompagné de dixièmes.

Dans le *tableau XXX,* la *nébulosité* et l'état du ciel sont exprimés sous deux formes pour les deux stations : à la cinquième colonne, par la nébulosité moyenne, puis, dans les quatre premières, par une classification des jours de la période en *clairs, peu nuageux, très nuageux* et *couverts.* Ces désignations comprennent les jours dont la nébulosité se mesure par un certain nombre des onze chiffres qui la représentent : les chiffres 0, 1 et 2 correspondent aux jours clairs ; 3, 4 et 5, aux jours peu nuageux ; 6 et 7, aux jours très nuageux ; 8, 9 et 10, aux jours couverts.

Le *tableau XXXI* fournit les écarts de la nébulosité aux deux stations par rapport aux moyennes calculées par Plantamour sur les observations des années de 1847 à 1875 pour Genève, et de 1849 à 1866 pour le Grand Saint-Bernard. Ces moyennes figurent également dans le tableau, multipliées par 10 pour les ramener à la nouvelle échelle adoptée depuis l'année 1901.

L'année 1910 avait été une année très nébuleuse, l'année 1911 une année claire, spécialement en été. L'année 1912 a été, en moyenne, une année normale à Genève et un peu trop nuageuse au St-Bernard.

A *Genève,* le printemps a été relativement très clair, surtout en avril, et l'été a été très nuageux, surtout en août. Au *Saint-Bernard,* l'hiver a été relativement plus nébuleux qu'à Genève

XXX. Nébulosité. 1912.

PÉRIODE	GENÈVE					SAINT-BERNARD				
	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts	Nébulosité moyenne	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts	Nébulosité moyenne
Déc. 1911...	0	6	2	23	8.1	7	4	3	17	6.5
Janv. 1912..	0	5	3	23	8.4	8	9	5	9	5.6
Février.....	4	6	6	13	6.4	4	9	5	11	6.0
Mars.....	7	7	5	12	5.8	5	8	2	16	6.4
Avril.....	11	7	4	8	4.4	5	5	8	12	6.2
Mai.....	10	6	2	13	5.4	9	3	5	14	6.0
Juin.....	8	6	5	11	5.3	5	5	3	17	6.9
Juillet... ..	10	7	6	8	4.8	6	10	5	10	5.5
Août.....	3	6	6	16	6.8	3	5	5	18	7.3
Septembre..	6	9	7	8	5.4	6	5	1	18	6.4
Octobre	1	7	4	19	7.5	6	4	6	15	6.5
Novembre..	5	7	6	12	6.2	12	7	7	4	4.0
Décembre ..	4	1	7	19	7.8	15	7	6	3	3.4
Hiver... ..	4	17	11	59	7.6	19	22	13	37	6.1
Printemps..	28	20	11	33	5.2	19	16	15	42	6.2
Eté.....	21	19	17	35	5.6	14	20	13	45	6.6
Automne...	12	23	17	39	6.4	24	16	14	37	5.7
Année mét..	65	79	56	166	6.2	76	74	55	161	6.1
» civile.	69	74	61	162	6.2	84	77	58	147	5.9

XXXI. Écarts de la nébulosité. 1912.

PÉRIODE	GENÈVE		SAINT-BERNARD	
	Moyennes 1847-1875	Écarts pour 1912	Moyennes 1846-1867	Écarts pour 1912
Décembre 1911....	8.3	- 0.2	4.5	+ 2.0
Janvier 1912.....	7.9	+ 0.5	5.0	+ 0.6
Février.....	6.7	- 0.3	5.3	+ 0.7
Mars.....	6.1	- 0.3	5.9	+ 0.5
Avril.....	5.8	- 1.4	6.7	- 0.5
Mai.....	5.8	- 0.4	6.9	- 0.9
Juin.....	5.4	- 0.1	6.5	+ 0.4
Juillet.....	4.4	+ 0.4	5.5	0.0
Août.....	4.7	+ 2.1	5.8	+ 1.5
Septembre.....	4.9	+ 0.5	5.8	+ 0.6
Octobre.....	6.9	+ 0.6	6.1	+ 0.4
Novembre.....	7.8	- 1.6	5.4	- 1.4
Décembre.....	8.3	- 0.5	4.5	- 1.1
Hiver.....	7.7	- 0.1	4.9	+ 1.2
Printemps.....	5.9	- 0.7	6.5	- 0.3
Eté.....	4.8	+ 0.8	5.9	+ 0.7
Automne.....	6.6	- 0.2	5.8	- 0.1
Année météorolog..	6.2	0.0	5.8	+ 0.3
Année civile.....	6.2	0.0	5.8	+ 0.1

et les mois extrêmes sont novembre pour la clarté relative et, comme à Genève, août pour la nébulosité.

Le *tableau XXXII* donne, pour *Genève,* le nombre de jours de brouillard observés. Il y en avait peu de 1909 à 1911, surtout en 1911 ; il continue à y en avoir moins que la moyenne, environ la moitié, en 1912. Il n'y a eu de cas de brouillard persistant toute la journée qu'en décembre 1912 ; il n'y en a donc pas eu durant l'année météorologique, comme en 1910 et en 1911.

XXXII. Brouillard. GENÈVE, 1912.

PÉRIODE	Brouillard tout le jour	Brouillard une partie de la journée	Nombre total
Décembre 1911	—	4	4
Janvier 1912	—	4	4
Février	—	—	—
Mars	—	—	—
Avril	—	—	—
Mai	—	—	—
Juin	—	—	—
Juillet	—	1	1
Août	—	—	—
Septembre	—	1	1
Octobre	—	4	4
Novembre	—	—	—
Décembre	4	1	5
Année météorolog..	—	14	14
Année civile	4	11	15

VIII. Durée d'insolation

Les deux héliographes installés à l'observatoire en 1896 et en 1909 ont fonctionné parallèlement toute l'année ; les deux *tableaux XXXIII* et *XXXIV* fournissent, heure par heure, la *marche diurne de la durée d'insolation* indiquée par les deux instruments, aux divers mois, saisons et dans l'année 1912, la seizième où ces observations se font à Genève avec le plus ancien des deux. Les deux dernières colonnes des tableaux donnent la durée totale d'insolation et la moyenne diurne pour les différentes périodes de l'année.

XXXIII. Marche diurne de la durée d'insolation. GENÈVE, 1912 (Ancien héliographe).

PÉRIODE	MATIN								SOIR								Durée d'insolation	Moyenne diurne
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8		
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Déc. 1911...	—	—	—	—	0.3	2.2	4.7	6.9	6.5	7.6	5.3	2.4	—	—	—	—	35.9	1.16
Janv. 1912..	—	—	—	—	0.5	2.7	5.4	6.4	8.5	7.4	6.7	3.8	—	—	—	—	41.4	1.34
Février.....	—	—	—	1.4	8.1	13.2	14.1	14.9	16.2	14.6	11.8	11.6	4.6	0.4	—	—	110.9	3.82
Mars.....	—	—	—	7.2	14.9	18.5	17.5	17.5	18.9	18.5	16.1	13.0	10.1	3.6	—	—	155.8	5.03
Avril.....	—	0.1	11.4	16.2	21.8	21.6	20.7	22.8	22.0	22.3	21.2	18.5	16.1	12.1	1.3	—	228.1	7.60
Mai.....	—	3.2	13.8	16.5	17.9	19.7	19.2	18.8	22.0	21.2	21.4	18.9	16.9	17.4	6.1	—	233.0	7.52
Juin.....	—	2.7	13.2	16.6	18.7	20.3	18.4	20.0	17.6	17.0	16.9	18.2	17.6	15.6	5.5	—	218.3	7.28
Juillet.....	—	—	5.5	13.4	18.3	20.0	19.9	20.3	19.4	19.8	20.5	14.9	14.4	9.4	0.8	—	196.6	6.34
Août.....	—	—	1.1	7.0	12.3	13.0	14.7	15.6	15.5	16.5	15.8	13.5	9.8	5.4	0.5	—	140.7	4.54
Septembre..	—	—	—	2.5	8.5	12.6	15.7	17.7	18.0	18.0	16.0	13.8	7.0	0.6	—	—	130.4	4.35
Octobre....	—	—	—	0.4	2.0	4.1	6.9	8.5	9.4	12.5	12.0	10.6	4.3	0.5	—	—	71.2	2.30
Novembre..	—	—	—	—	2.3	8.4	10.9	13.3	13.6	14.3	11.7	7.8	0.2	—	—	—	82.5	2.75
Décembre...	—	—	—	—	—	2.7	4.8	7.6	4.9	6.5	7.1	2.3	—	—	—	—	35.9	1.16
Hiver.....	—	—	—	1.4	8.9	18.1	24.2	28.2	31.2	29.6	23.8	17.8	4.6	0.4	—	—	188.2	2.07
Printemps..	—	3.3	25.2	39.9	54.6	59.8	57.4	59.1	62.9	62.0	58.7	56.4	43.1	33.1	7.4	—	616.9	6.71
Eté.....	—	2.7	19.8	37.0	49.3	53.3	53.0	55.9	52.5	53.3	53.2	46.6	41.8	30.4	6.8	—	555.6	6.04
Automne...	—	—	—	2.9	12.8	25.1	33.5	39.5	41.0	44.8	39.7	32.2	11.5	1.1	—	—	284.1	3.12
Année mét.	—	6.0	45.0	81.2	125.6	156.3	168.1	182.7	187.6	189.7	175.4	147.0	101.0	65.0	14.2	—	1644.8	4.49
Année civ..	—	6.0	45.0	81.2	125.3	156.8	168.2	183.4	186.0	188.6	177.2	146.9	101.0	65.0	14.2	—	1644.8	4.49

XXXIV. Marche diurne de la durée d'insolation. GENÈVE, 1912 (Nouvel héliographe).

PÉRIODE	MATIN								SOIR								Durée d'insolation	Moyenne diurne
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8		
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Décembre 1911.	—	—	—	—	0.6	3.0	5.1	7.4	7.3	8.5	5.9	3.9	0.6	—	—	—	42.3	1.36
Janvier 1912...	—	—	—	—	2.1	5.0	6.3	8.1	9 6	8.5	8.4	6.0	0.3	—	—	—	54.6	1.76
Février.....	—	—	—	4.0	12.0	16.3	17.2	17.0	17.6	17.2	14.4	13 5	6.7	0.7	—	—	136.6	4.71
Mars.....	—	—	1.8	10.3	16.5	19.6	18.1	18.9	20.3	19.9	16.8	13.5	11.4	4.1	—	—	171.2	5.52
Avril.....	—	3.9	15.8	19.2	23.0	22.9	21 9	23.7	22.9	22.9	21.8	19.3	17.7	15.2	5.1	—	255.3	8.51
Mai.....	0.6	11.7	16.4	19.2	19.3	20.9	20.2	20.1	23 1	22.6	22.7	20.2	19.1	19 0	12.9	0.9	268.9	8.67
Juin.....	3.7	12 4	17.0	18.5	20.1	21.7	19.5	21.6	20.3	18.0	18 4	20.5	19.9	17.8	14.5	3.8	267.7	8.92
Juillet...	—	7.8	17.3	19.7	20.9	21 8	22.0	22.7	21.5	22.3	22.8	18.4	18.8	16.5	11.2	1.1	264.8	8.54
Août.	—	1.4	7.8	11.7	16.2	16.3	16.1	20.2	18.6	17.5	17.8	14 0	11.5	10.5	3.4	—	183.0	5.90
Septembre.....	—	—	1.6	9.2	12.9	14.5	17.8	19.2	19.9	20.1	19.3	17.8	11.7	2.9	—	—	166.9	5.56
Octobre..	—	—	—	1.1	3.7	5.0	8 3	9.4	11.3	13 3	14.2	12.3	8.6	1.3	—	—	88.5	2 85
Novembre	—	—	—	0.7	6.3	10.4	13 7	15.0	14.2	15.3	14.5	10.2	1.9	—	—	—	102 2	3.41
Décembre.....	—	—	—	—	2 6	5.1	6.0	8.5	8.5	9.2	7.3	2.9	—	—	—	—	50.1	1.62
Hiver	—	—	—	4.0	14.7	24.3	28.6	32.8	34 5	34.2	28.7	23.4	7.6	0.7	—	—	233 5	2.57
Printemps. ...	0.6	15 6	34 0	48.7	58.8	63.4	60.2	62.7	66.3	65 4	61.3	53.0	48.2	38.3	18.0	0.9	695.4	7.56
Eté..	3.7	21.6	42 1	49.9	57.2	59.8	57.6	64.5	60.4	57.8	59.0	52.9	50.2	44.8	29.1	4.9	715 5	7.78
Automne	—	—	1 6	11.0	22.9	29.9	39.8	43.6	45.4	48.7	48.0	40.3	22.2	4.2	—	—	357 6	3.93
Année météorol.	4.3	37.2	77.7	113.6	153.6	177.4	186.2	203.6	206.6	206.1	197.0	169.6	128.2	88.0	47.1	5.8	2002.0	5.47
Année civile....	4.3	37.2	77.7	113.6	155.6	179.5	187.1	204.7	207.8	206.8	198.4	168.6	127.6	88.0	47.1	5.8	2009.8	5.49

L'année 1912 fournit un total d'heures d'insolation inférieur à la moyenne des quinze dernières années, 1738 heures, à l'ancien héliographe. Mais le déficit de 93 heures ne provient que de l'été et de l'automne. L'hiver et le printemps accusent même des excédents sensibles, le printemps surtout qui a été très clair, comme nous l'avons constaté par le chiffre de sa nébulosité. Les moyennes pour ces deux saisons sont en effet de 164 et de 483 heures seulement, d'où un excédent de 134 heures au printemps. En été, en revanche, il y a un déficit de 191 heures par rapport au chiffre moyen de 747, et en automne de 60 heures sur le chiffre moyen de 344.

Le maximum absolu d'insolation correspond cette année au mois de mai et le maximum relatif aux mois d'avril et de mai. Le minimum correspond aux deux mois de décembre.

Le total général du tableau XXXIV dépasse de 357 heures celui du tableau XXXIII ce qui fait presque une heure par jour. La différence est donc plus forte qu'en 1910 et en 1911, et dépasse un peu ce qu'elle était en 1909.

Si l'on observe que la différence relative entre les deux appareils augmente depuis le mois de mai et atteint son maximum au mois d'août, on sera tenté de rattacher cet accroissement de la différence de sensibilité des deux appareils aux conditions mêmes de transparence de l'atmosphère. Or chacun se souviendra des troubles atmosphériques constatés depuis la fin de juin en Europe, troubles que l'on a rapportés à l'éruption violente d'un volcan de l'Alaska.

Un peu partout on a constaté une diminution d'insolation, surtout le matin et le soir, pendant plusieurs mois, depuis l'été de 1912. Et il est naturel que cette diminution ait été, à Genève, plus forte relativement pour l'héliographe le moins sensible. Ainsi aurait été augmentée, cette année, par ce phénomène spécial la différence constatée dans l'enregistrement des deux appareils.

Le *tableau XXXV* est destiné à faire ressortir la différence entre la durée d'insolation du matin et celle de l'après-midi. Comme l'appareil est réglé sur le temps solaire *vrai,* les durées devraient être égales théoriquement, mais, en pratique, elles sont différentes. Le tableau les donne pour les deux héliogra-

XXXV. Durée d'insolation avant et après midi.

GENÈVE, 1912.

PÉRIODE	MATIN Nombre d'heures		SOIR Nombre d'heures		DIFFÉRENCE Soir — Matin nombre d'heures		DIFFÉRENCE Soir — Matin %	
	Anc. H.	Nouv. H.	Anc. H.	Nouv. H.	Anc. H.	Nouv. H.	Anc. H.	Nouv. H.
Décembre 1911	14.1	16.1	21.8	26.2	+ 7.7	+10.1	+21.4	+23.9
Janvier 1912..	15.0	21.8	26.4	32.8	+11.4	+11.0	+27.5	+20.1
Février	51.7	66.5	59.2	70.1	+ 7.5	+ 3.6	+ 6.8	+ 2.6
Mars.....	75.6	85.2	80.2	86.0	+ 4.6	+ 0.8	+ 2.9	+ 0.5
Avril	114.6	130.4	113.5	124.9	- 1.1	- 5.5	- 0.5	- 2.2
Mai	109.1	128.4	123.9	140.5	+14.8	+12.1	+ 6.4	+ 4.5
Juin	109.9	134.5	108.4	133.2	- 1.5	- 1.3	- 0.6	- 0.5
Juillet	97.4	132.2	99.2	132.6	+ 1.8	+ 0.4	+ 0.9	+ 0.2
Août.....	63.7	89.7	77.0	93.3	+13.3	+ 3.6	+ 9.4	+ 2.0
Septembre....	57.0	75.2	73.4	91.7	+16.4	+16.5	+12.6	+ 9.9
Octobre	21.9	27.5	49.3	61.0	+27.4	+33.5	+38.5	+37.8
Novembre	34.9	46.1	47.6	56.1	+12.7	+10.0	+15.4	+ 9.8
Décembre.....	15.1	22.2	20.8	27.9	+ 5.7	+ 5.7	+15 9	+11.4
Hiver	80.8	104.4	107.4	129.1	+26.6	+24.7	+14.1	+10.6
Printemps	299.3	344.0	317.6	351.4	+18.3	+ 7.4	+ 3.0	+ 1.1
Eté	271.0	356.4	284.6	359.1	+13.6	+ 2.7	+ 2.4	+ 0.4
Automne	113.8	148.8	170.3	208.8	+56.5	+60.0	+19.9	+16.8
Année mét....	764.9	953.6	879.9	1048.4	+115.0	+94.8	+ 7.0	+ 4.7
Année civile ..	765.9	959.7	878.9	1050.1	+113.0	+90.4	+ 6.9	+ 4.5

phes, et il donne aussi la différence *soir — matin* de deux façons, en *heures* et en *pour cent* du total d'heures d'insolation.

L'excédent d'insolation du soir par rapport au matin est maximum en hiver et en automne, comme c'est le cas en général à Genève. Pour les deux autres saisons, les circonstances sont variables et il y a plus d'alternatives dans les différents mois que les autres années, en raison de la couverture plus forte du ciel en été. Cette année les quatre saisons prises comme ensemble fournissent toutes un excès de soleil l'après-midi, tandis que généralement l'été donne un excédent de soleil le matin.

Le *tableau XXXVI* a été constitué, comme les années précédentes, pour faire ressortir, entre la nébulosité et la durée d'insolation, la relation établie par Billwiller[1], qui avait trouvé

[1] *Archives*, 1889, t. XXI, p. 404.

XXXVI. Comparaison de la durée de la non-insolation a la nébulosité moyenne. GENÈVE, 1912.

PÉRIODE	Durée théorique d'insolation t	Rapport $\frac{t-i}{t} \times 10$ Héliographe ancien	Rapport Héliographe nouveau	Nébulosité moyenne	Différence Héliographe ancien	Différence Héliographe nouveau
	h					
Décembre 1911	270	8.7	8.4	8.1	+ 0.6	+ 0.3
Janvier 1912 .	282	8.5	8.1	8.4	+ 0.1	- 0.3
Février	291	6.2	5.3	6.4	- 0.2	- 1.1
Mars	371	5.8	5.4	5.8	0.0	- 0.4
Avril	408	4.4	3.7	4.4	0.0	- 0.7
Mai	465	5.0	4.2	5.4	- 0.4	- 1.2
Juin	471	5.4	4.3	5.3	+ 0.1	- 1.0
Juillet	475	5.8	4.4	4.8	+ 1.0	- 0.4
Août	437	6.8	5.8	6.8	0.0	- 1.0
Septembre ...	375	6.5	5.5	5.4	+ 1.1	+ 0.1
Octobre	338	7.9	7.4	7.5	+ 0.4	- 0.1
Novembre	284	7.1	6.4	6.2	+ 0.9	+ 0.2
Décembre	270	8.7	8.2	7.8	+ 0.9	+ 0.4
Hiver	843	7.8	7.2	7.6	+ 0.2	- 0.4
Printemps	1244	5.0	4.4	5.2	- 0.2	- 0.8
Eté	1383	6.0	4.8	5.6	+ 0.4	- 0 8
Automne	997	7.1	6.4	6.4	+ 0.7	0.0
Année mét ...	4467	6.3	5.5	6.2	+ 0.1	- 0.7
Année civile ..	4467	6.3	5.5	6.2	+ 0.1	- 0.7

que la valeur de la nébulosité moyenne d'une période est, à peu de chose près, égale au rapport entre les heures de non-insolation ($t-i$) et le total d'heures d'insolation théoriquement possible (t).

Les colonnes du tableau XXXVI s'expliquent ainsi facilement. Le rapport $\frac{t-i}{t}$ a été multiplié par dix, afin d'être rendu comparable à la nébulosité moyenne de chaque période, dont les valeurs ont été empruntées au tableau XXX.

La relation de Billwiller ne correspond pas mieux, cette année, que les trois précédentes aux indications fournies par le nouvel héliographe. Elle correspond mieux à celles de l'ancien, et il est peut-être possible d'expliquer les différences de mois en mois, si l'on tient compte de la remarque faite plus haut sur les troubles atmosphériques qui ont diminué le nom-

bre d'heures d'insolation à l'ancien héliographe, sans troubler autant l'appréciation de la *nébulosité* elle-même par les chiffres conventionnels de 0 à 10.

L'enregistreur d'insolation du château du Crest, à Jussy, dont M. Jules Micheli veut bien nous communiquer régulièrement les résultats d'observation, a fourni, en 1912, les durées d'insolation du *tableau XXXII*.

XXXVII. Durée d'insolation a Jussy, 1912.

	h.		h.
Décembre 1911	20.3	Juin 1912	213.4
Janvier 1912	48.1	Juillet	211.8
Février	109.4	Août	150.9
Mars	151.5	Septembre	130.1
Avril	195.3	Octobre	74.8
Mai	224.7	Novembre	64.6
		Décembre	48.1
Hiver	177.8	Eté	576.1
Printemps	571.5	Automne	269.5
Année météor.	1594.9	Année civ.	1622.7

Cette année, comme les précédentes, le total d'heures d'insolation à Jussy est un peu inférieur à ce qu'il est à l'observatoire, en comparant naturellement ces chiffres avec ceux fournis par l'ancien héliographe (tableau XXXIII). Il y a eu, comme toujours, quelques mois pour lesquels l'insolation a été un peu plus longue à Jussy, mais il y a plus d'irrégularité que les années précédentes, et la légère prépondérance de l'insolation à Jussy ne s'est pas seulement manifestée en hiver.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 20 novembre 1913

Amé Pictet. Nature chimique de la houille.
L. Duparc. Sur les sables noirs de Madagascar.

M. le prof. Amé Pictet rend compte de recherches qu'il a faites, d'abord avec M. Louis Ramseyer, puis avec M. Maurice Bouvier, dans le but de recueillir quelques données sur la *nature chimique de la houille.*

Dans la première série de ces recherches, on a épuisé par le benzine bouillant une houille grasse de Montrambert (Loire). Le dissolvant abandonne par distillation un résidu d'hydrocarbures liquides. Ceux-ci ne donnent aucune des réactions des hydrocarbures aromatiques; ils paraissent appartenir à la série hydro-aromatique. Par fractionnement dans le vide, les auteurs ont pu en retirer un composé bien défini, bouillant vers 245° et possédant la formule brute $C_{13}H_{16}$. Sa constitution est établie par le fait que, lorsqu'on dirige ses vapeurs dans un tube chauffé au rouge vif, il se décompose en hydrogène et fluorène $C_{13}H_{10}$, et que, traité à froid par le brome, il se convertit en mono- et en di-bromofluorènes. Il constitue donc un *hexahydrure de fluorène.*

L'origine du fluorène du goudron se trouve ainsi expliquée. Ce composé ne prend point naissance, comme le voudrait la théorie de Berthelot, par un processus synthétique à partir de carbures plus simples, mais bien au contraire par déshydrogénation pyrogénée de son hexahydrure, lequel préexiste dans la houille. On peut dès lors supposer que les autres composés aromatiques du goudron ont une origine analogue; pour s'en assurer, il aurait fallu extraire successivement de la houille, par des dissolvants appropriés, d'autres constituants et les soumettre les uns après les autres à la décomposition pyrogénée; travail long et aléatoire, auquel M. Pictet a renoncé, préférant utiliser une autre méthode, qui pouvait conduire plus facilement au même but et qui consis-

tait à soumettre le charbon à la *distillation à basse température et sous pression très réduite.*

Dans la seconde série d'expériences, qu'il a effectuées en collaboration avec M. M. Bouvier, la même houille de Montrambert a été chauffée graduellement, jusqu'à la température de 450°, dans une cornue en fer où était maintenu un vide de 15 à 18^{mm}. Il distille dans ces conditions un mélange d'*eau* (1,5 % du poids de la houille) et de *goudron* (4 %) et il reste un *coke*, beaucoup plus poreux et plus facilement combustible que le coke ordinaire.

L'eau est *acide* au tournesol et ne contient pas d'ammoniaque. Quant au goudron, il est fort différent du goudron de houille ordinaire. Il est plus léger que l'eau et possède l'odeur du pétrole. Il ne renferme ni phénols, ni hydrocarbures aromatiques. Il paraît formé principalement d'hydrocarbures de la série *hydro-aromatique*, mélangés à une assez forte proportion de substances basiques, parmi lesquelles les bases secondaires semblent prédominer. On peut aussi, par un traitement au sodium, en retirer une petite quantité de composés oxygénés, qui présentent des caractères d'*alcools*.

Prenant naissance, à partir de la houille, à une température relativement basse, ce *goudron du vide* pouvait être regardé comme un produit intermédiaire dans la formation du goudron ordinaire. Afin de vérifier cette supposition, les auteurs en ont distillé une certaine quantité à travers un tube de fer rempli de fragments de coke et chauffé au rouge vif, se plaçant ainsi dans des conditions aussi semblables que possible à celles qui règnent dans les cornues à gaz. Ils ont obtenu, comme produits de cette seconde distillation :

1. Une grande quantité de gaz, formés principalement d'hydrogène et de méthane, avec un peu d'éthylène, mais point d'acétylène.

2. Des eaux fortement chargées d'ammoniaque.

3. Un goudron très analogue au goudron ordinaire et contenant comme lui des phénols, des bases pyridiques tertiaires et des *hydrocarbures aromatiques* (benzène, naphtaline, anthracène).

Cette expérience prouve que le gaz d'éclairage, l'ammoniaque, les phénols et les hydrocarbures du goudron ordinaire (ou du moins la plus grande partie de ces corps) ne sont point des produits immédiats de la décomposition pyrogénée de la houille, mais que cette décomposition a lieu en deux phases successives, se passant à des températures différentes. Vers 500° environ, la houille laisse dégager des composés volatils très hydrogénés, que l'on peut recueillir si l'on opère sous une pression très réduite, et dont le mélange constitue le goudron du vide. Ce n'est qu'à une température beaucoup plus élevée que, dans les conditions ordi-

naires, ces composés subissent une seconde décomposition, qui donne naissance aux produits habituels de la distillation à la pression atmosphérique. Cette explication est, on le voit, en contradiction avec l'hypothèse de Berthelot et de Richard Meyer sur le mécanisme de la formation des hydrocarbures du goudron.

Mais le goudron du vide présente encore de l'intérêt à un autre point de vue, celui de sa grande ressemblance avec le *pétrole*. MM. Pictet et Bouvier en ont retiré, par un traitement à l'acide sulfurique concentré, tous les *hydrocarbures saturés*, et ils ont soumis ceux-ci à une série de distillations fractionnées. Ils ont examiné spécialement deux des fractions, qui leur ont paru être parmi les plus importantes et présenter les caractères d'homogénéité voulus. Ils en ont fixé comme suit la composition et les principales constantes physiques :

Fraction	*Formule*	*Densité*	*Indice de réfraction*
172-174°	$C_{10}H_{20}$	0,7765 à 23°	1,4196
189-191°	$C_{11}H_{22}$	0,7838 à 22°	1,4234

Ces deux hydrocarbures, étant saturés, ne peuvent avoir qu'une structure cyclique et être, en conséquence, que chimiquement très voisins des *naphtènes* qui constituent certains pétroles. Ils ne sont cependant pas identiques au décanaphtène et à l'endécanaphtène du pétrole de Bakou. En revanche, si on compare leurs propriétés à celles des fractions correspondantes du pétrole du Canada, étudiées par M. Mabery, on trouve une concordance si complète, qu'on est en droit d'en conclure à l'identité.

Fraction	*Formule*	*Densité*	*Indice de réfraction*
173-174°	$C_{10}H_{20}$	0,7770 à 20°	1,4149
189-191°	$C_{11}H_{22}$	0,7832 à 20°	1,4231

On se trouve donc en présence de ce fait remarquable et inattendu, que la distillation de certaines houilles à basse température donne naissance à des substances qui font en même temps partie intégrante de certains pétroles. C'est la première fois que l'on constate expérimentalement une relation chimique de ce genre entre ces deux importants produits naturels. En peut-on tirer quelque conséquence sur leur origine respective ? C'est là une question qui ne pourrait se poser que si de nouvelles expériences venaient confirmer la relation observée aujourd'hui, laquelle pourrait, à tout prendre, n'être que fortuite.

L'hydrocarbure $C_{10}H_{20}$ du goudron du vide fournit, par l'action du brome et de l'acide nitrique, les dérivés dibromé et dinitré du *durène* (tétraméthylbenzène 1, 2, 4, 5). Il constitue donc l'hexahydrure de cet hydrocarbure; c'est sans doute lui qui engendre, par

déshydrogénation pyrogénée, le durène du goudron. Quant à l'hydrocarbure $C_{11}H_{22}$, c'est très probablement l'*hexahydrure du pentaméthylbenzène*.

M. le Prof. Duparc. — *Sur les sables noirs de Madagascar.*

M. le professeur Duparc communique à la société les résultats de recherches qu'il poursuit sur les sables noirs de Madagascar. Ces derniers sont le résidu de lavage de latérite aurifère provenant de la décomposition de micaschistes et de roches cristallines injectées par des filons de Greisen et de pegmatites. Ces sables noirs sont formés de deux éléments distincts, à savoir d'oligiste très fortement magnétique et de magnétite en octaèdres émoussés, qui l'est beaucoup moins. Dans ces sables noirs on trouve de l'or excessivement fin en quantité très variable, puis du platine invisible, mais qui, à ce que l'on disait, n'était susceptible d'être mis en évidence que par des essais. Etant donné le caractère extraordinaire d'un gisement de cette nature, M. Duparc a refait tous ces essais, en s'entourant des précautions nécessaires, sur des sables où on avait, en d'autres endroits, constaté la présence de platine en teneur assez élevée. Plusieurs de ces essais n'ont rien donné; d'autres ont donné des teneurs en or allant de quelques grammes à 20 grammes à la tonne, mais dans aucun cas il n'a été trouvé des traces de platine. Des analyses de contrôle ont été faites en intercalant des quantités déterminées de platine dans les mêmes sables noirs. Chaque fois ce platine a été intégralement retrouvé. Ces recherches se continuent actuellement et feront l'objet de communications ultérieures; mais d'ores et déjà il est à peu près certain que l'existence de platine dans ces sables ne sera pas confirmée, ce qui est d'accord avec les prévisions théoriques.

Séance du 4 décembre

Albert Brun. La région volcanique de Olot, province de Gerona.
Emile Yung. Distribution verticale du plankton dans le lac de Genève.

M. Albert Brun fait une communication *sur la région volcanique de Olot, province de Gerona.*

Il a pu examiner facilement cette région, grâce aux excellentes cartes publiées par MM. S. Calderon, M. Cazurrio et L. Fernandez Navarro (Mémoires de la Société royale espagnole d'Histoire naturelle, 1907).

Les centres éruptifs d'Olot, San Feliu et Granollers, sont très importants au point de vue de la genèse des volcans. En effet,

ceux-ci ont possédé peu de gaz dans leurs magmas basaltiques et les cônes de lapillis sont faibles. Il en résulte que partout, il est facile d'examiner le substratum tertiaire des cônes volcaniques.

Ces cônes sont très meubles : ils sont formés pour la plupart par de petits lapillis incohérents, fixés par la végétation ; rarement par de grosses brèches. Pour certains, cet état de conservation est tel, et le peu de résistance si accentué que, en se basant sur ces deux critères, l'on peut se dire qu'une érosion prolongée n'a pas agi sur eux. Ils sont donc très récents. Leur âge a du reste été fixé aussi bien que possible par les auteurs précités.

Les cheminées volcaniques percent en général le tertiaire éocène dans une région dont la tectonique est assez compliquée.

En cherchant à se rendre compte comment ces cheminées volcaniques ont pu percer des couches tertiaires sans que celles-ci aient l'apparence d'avoir été bouleversées par une cause autre que celle qui les a mises en place, l'auteur suppose que certains plis brusques, ou plans de failles superficiels, peuvent présenter un point de fusion plus bas que celui des couches immédiatement voisines ; ceci gcâce au mélange de roches hétérogènes dans le pli ou la faille. Il pourrait se former dans les régions les plus superficielles une cheminée par fusion. L'auteur pense que la région d'Olot peut se prêter à la vérification de cette hypothèse.

M. le professeur Emile Yung communique les résultats des recherches faites à bord de l'*Edouard Claparède* sur la *Distribution verticale du plankton dans le lac de Genève.*

Elles ont porté sur deux points dont l'un, situé à peu près au milieu de la *fosse de Chevran,* sur un fond de 70 mètres entre Anières et Hermance ; et l'autre, à 4 kilomètres de Lutry, le long d'une ligne allant de cette localité à Evian, au-dessus de la *grande fosse* profonde de 305 mètres. L'engin de pêche est un filet modèle Apstein moyen, de 20 cm. de diamètre à son ouverture et pouvant être hermétiquement fermé par un couvercle métallique se déclanchant à la profondeur voulue au moyen d'un messager. Ce filet, construit par Zwickert, de Kiel, servit d'abord à des pêches de contrôle démontrant qu'il ne prend rien à la descente et que rien n'y pénètre au retour après qu'il a été fermé ; il remplit donc les conditions nécessaires à la détermination des limites des zones habitées par les organismes planktoniques.

Les pêches ont été faites à raison d'une ou deux par mois, durant deux années, de novembre à 1911 novembre 1913 inclusivement, et les récoltes furent fixées au formol et dosées par le procédé précédemment décrit par M. Yung ; le recensement des plus importantes a été effectué par M. le Dr Gandolfi-Hornyold, selon la méthode de Hensen.

Sur le fond de 70 mètres, le plankton est réparti abondamment pendant toute l'année dans l'épaisseur entière de l'eau. Sa quantité totale atteint son maximum en mai-juin, son minimum en décembre-janvier. Pendant les mois d'été, sa qualité examinée sur des pêches étagées de 10 en 10 mètres, présente *de jour* une très grande irrégularité. Néanmoins, M. Yung y reconnaît trois grandes zones.

A. Une *zone profonde* comprise entre le fond et 50 à 40 mètres, dans laquelle prédominent les Copépodes.

B. Une *zone moyenne* comprise entre 50-40 mètres et 30-20 mètres, dans laquelle prédominent les Cladocères (à l'exception de *Scapholeberis*).

C. Une *zone superficielle* comprise entre 20 mètres et la surface, dans laquelle prédominent les Rotateurs et les Flagellés (avec, dans la couche tout à fait supérieure, *Scapholeberis*).

Sur le fond de 305 mètres, le plankton est toujours présent en quantité dosable, jusqu'à 150 mètres de la surface. A partir de cette profondeur, il diminue au point que le filet ne prend plus, quelle que soit l'épaisseur de l'eau explorée, que des quantités insuffisantes de plankton pour permettre de l'apprécier par la méthode de cubage adoptée. Cependant, le filet ne revient jamais absolument vide, mais son contenu est représenté par quelques unités dont le nombre, d'ailleurs variable, ne présente de régularité dans ses variations qu'au voisinage du fond. Voici les zones établies par M. Yung sur l'examen de pêches étagées de 50 en 50 mètres, à l'exception de la première.

I. *Zone de fond,* de 300 à 290 mètres. Cette zone qui confine au fond et s'élève à quelques mètres au-dessus, se montre toujours plus peuplée que les couches qui lui sont superposées. On y trouve des pontes de Mollusques, des Diatomées, rarement *Niphargus Foreli* qui appartient à la faune profonde, rarement *Bythotrepher longimanus*, rarement *Sida limnetica*, très fréquemment *Cyclops abyssorum,* et toujours des débris d'organismes tombés des zones supérieures.

II. *Zone abyssale,* de 300 à 250 mètres où se trouvent, en nombre relativement faible, des Copépodes : *Cyclops abyssorum ; C. leuckarti ; C. strenus ; Diaptomus laciniatus ; D. gracilis.* Durant les mois d'hiver, d'octobre à mars, ces Copépodes sont plus fréquents et plus nombreux que pendant l'été. Tout à fait exceptionnellement on rapporte des Cladocères vivants de cette zone.

III. *Zone intermédiaire,* de 250 à 150 mètres. Zone remarquablement pauvre durant toute l'année, surtout dans sa portion moyenne. On n'y rencontre vivants que de rares exemplaires des *Cyclops* et *Diaptomus* des espèces énumérées ci-dessus, et de très

rares Cladocères : *Sida limnetica, Bythotrephes longimanus*, qui n'y sont vraisemblablement qu'en passage.

IV. *Zone des Copépodes*, de 150 à 100 mètres, caractérisée par la présence constante et la prédominance des *Cyclops* et *Diaptomus*, dont le nombre varie selon les saisons et l'état du ciel. Aux Copépodes sont toujours mêlés des Cladocères en nombre relativement faible à l'exception de *Sida limnetica* dont, en automne, cette zone devient l'habitat préféré.

V. *Zone des Cladocères*, de 100 à 50 mètres, caractérisée par la prédominance des grands Cladocères (*Sida limnetica, Bythotrephes longimanus* et *Leptodora hyalina*) auxquels sont mêlés, en nombre très variable selon les saisons, *Daphnia hyalina* et *Bosmina Coregoni* et les divers *Cyclops* et *Diaptomus*. Les Rotateurs, souvent présents, y sont plus rares en individus et en espèces que dans la zone suivante.

VI. *Zone des Rotateurs*, de 50 à 0 mètres, caractérisée par l'abondance des Rotateurs, des Flagellés et, dans ses couches superficielles, des organismes végétaux. Les Copépodes et les Cladocères sont aussi régulièrement présents dans cette zone, mais leur répartition y est exposée à de très grandes variations.

Il va sans dire qu'aucune de ces zones n'est strictement délimitée et que les organismes passent de l'une à l'autre, selon les circonstances, en nombre plus ou moins considérable, principalement dans les trois zones supérieures.

Les variations de la répartiton verticale des principales espèces du Zooplankton, feront l'objet d'une communication ultérieure.

En résumé, les recherches de M. Yung, permettent de conclure :

1° Que dans le petit lac (jusqu'à 70 mètres de profondeur), les eaux sont constamment habitées sur toute leur épaisseur par une quantité relativement abondante (quoique variable selon les saisons) de zooplankton.

2° Que dans le grand lac (jusqu'à 300 mètres de profondeur), il n'y a aucune zone absolument déserte, mais que le plankton qui peuple ses eaux y est très inégalement réparti. Il est pendant toute l'année plus ou moins abondant jusqu'à 150 mètres et très rare de 150 à 300 mètres. La zone dans laquelle il se tient principalement s'étend de 10 à 100 mètres.

Séance du 18 décembre

Emile Yung. Deux cas tératologiques.— J. Briquet. Carpologie des Plychotis. J. Carl. Nouveaux éléments américains dans la faune de Madagascar.

M. le Prof. Emile Yung expose *deux cas tératologiques*.

Il s'agit, dans le premier, d'une nageoire supplémentaire observée chez une tanche (*Tinca vulgaris*) de 21 cm. de long et du

poids de 240 gr., c'est-à-dire adulte et, par ailleurs, normalement développée. Cette nageoire se trouvait située sur le flanc droit à mi-hauteur entre la dorsale et l'abdominale droite ; elle était immobile, implantée dans un léger repli de la peau et ne gênant pas autrement la natation du poisson qu'en le faisant pencher du côté droit. La radiographie montre que ce membre, tout à fait indépendant du reste du squelette, avait ses 11 rayons réunis, mais non articulés, à autant d'interrayons implantés dans la musculature. Ces données furent confirmées par la dissection qui montra, en outre, que les trois interrayons inférieurs étaient soudés entre eux. La conformation de la nageoire supplémentaire ne laisse aucun doute sur sa nature de nageoire impaire. M. Yung rattache ce cas à ceux, connus chez les Cyprinoïdes, de dédoublement de la nageoire caudale, et il l'interprète comme une délamination de la nageoire *anale* survenue au cours du développement. Des deux anales nées de cette délamination, l'une seulement aurait suivi sa croissance normale, tandis que l'autre déjetée sur le côté droit serait restée en route et, par défaut d'usage, aurait par la suite fusionné ses rayons aux interrayons. Les cas de délamination de la caudale sont extrêmement rares.

L'autre anomalie signalée par M. Yung, concerne l'intestin d'une *Salamandra maculosa*. L'individu sur lequel elle a été observée était adulte et de taille normale. Son intestin d'un diamètre à peu près aussi grand dans sa portion moyenne que dans sa région antérieure, à parois minces et flasques, portait au commencement du rectum un énorme cœcum qui, ne trouvant pas de place dans la cavité du corps, avait fait hernie dans la patte postérieure droite dont il occupait, entre la peau et les muscles, toute la longueur jusqu'à l'origine des doigts. Le volume de la patte en était sensiblement augmenté. Le rectum était extrêmement dilaté, formant une vaste poche partiellement occupée comme le cœcum par des résidus alimentaires. M. Yung n'a trouvé mentionné dans la littérature tératologique aucun cas de ce genre.

J. Briquet. — *Carpologie des Ptychotis.*

Les *Ptychotis* sont des Ombellifères du groupe des Amminées caractérisées par la présence de pétales obcordés, pourvus d'un pli transversal situé au-dessous de l'échancrure. C'est sur ce pli que s'insère une languette dont la pointe est dirigée vers la base du pétale. Or, à part les deux groupes méditerranéens et européens du *P. Saxifraga* (L.) Lor. et Barr. et du *P. ammoïdes* (L.) Koch, l'étude a montré qu'aucune des espèces rapportées à ce genre par les auteurs ne présentait cette organisation caractéristique. Des différences notables dans la structure des pétales et des fruits ont amené l'auteur à séparer génériquement le groupe du

P. ammoïdes sous le nom de *Ammoïdes verticillata*. Un mémoire ultérieur inséré dans l'*Annuaire du Conservatoire et du Jardin botanique de Genève*, t. XVII, renfermera les détails justificatifs nécessaires.

Dr J. Carl. — *Nouveaux éléments américains dans la faune de Madagascar.*

A la suite de la découverte de plusieurs genres et espèces nouvelles de Phanéroptérides et Pseudophyllides *(Orthoptera, Locustodea)* de Madagascar, l'auteur a essayé une analyse zoogéographique de la faune malgache de ces deux groupes. On peut y distinguer 4 éléments :

1. Genres endémiques à affinités géographiques incertaines.
2. Genres communs avec la région orientale.
3. Genres (et espèces) communs avec l'Afrique.
4. Genres endémiques appartenant à des groupes de genres essentiellement américains.

L'auteur démontre que les affinités américaines, quoique plus anciennes et plus générales que les affinités orientales et africaines, sont le caractère le plus saillant de la faune malgache des Phanéroptérides et des Pseudophyllides. C'est à l'élément américain qu'appartiennent aussi la plupart des nouvelles espèces, dont les descriptions feront l'objet d'un mémoire accompagné de figures.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 13 novembre 1913

Grandjean et Wilczek. Présentation de clichés de champignons. — F. Porchet. Le tilleul de Prilly. — Dr H. Faes. Effets du gel des 13 et 14 avril 1913 sur les vignes greffées dans le vignoble vaudois.

MM. Grandjean et Wilczek présentent en projection une série de *clichés autochromes de champignons,* photographiés par M. Centurier, professeur. Ils insistent surtout sur l'intérêt scientifique considérable de clichés montrant les couleurs exactes des champignons frais; car il est actuellement impossible, par quel procédé que ce soit, de conserver intactes et les formes et les couleurs de ces plantes.

M. F. Porchet. — Le *tilleul de Prilly.* Cet arbre magnifique venant de s'effondrer, M. Porchet présente les quelques documents y ayant trait qu'il a réunis; un bref résumé de ceux-ci et une photographie de l'arbre disparu paraîtront dans le *Bulletin.*

M. Porchet recevrait avec reconnaissance, en communication, des photographies, dessins ou gravures du tilleul de Prilly, antérieurs à 1885.

M. le Dr H. Faes, en son nom personnel et au nom de son collègue, M. le Dr F. Porchet, parle des *effets du gel des 13 et 14 avril 1913 sur les vignes greffées dans le vignoble vaudois.*

Le gel si intense des 13 et 14 avril 1913 a causé dans les vignobles des bords du lac Léman des dégâts importants, encore exagérés par le fait que la vigne se trouvait affaiblie à la suite de l'été pluvieux de 1912 et des hivers très humides 1911-1912 et 1912-1913. Dans les régions les plus atteintes, la vigne indigène, non greffée, a présenté, après le gel, sur de nombreux points, un aspect misérable, la plupart des *bons* boutons ayant été gelés, de

nombreuses cornes et même des ceps entiers restant obstinément endormis. Sur certains points, la vigne semblait ne plus pouvoir donner de nouveaux bourgeons, mais ce travail fut heureusement facilité par de fortes chaleurs survenues en mai et au commencement de juin.

D'une façon très générale les vignes greffées se sont mieux comportées, ont repris plus rapidement un aspect normal, fait qui a été constaté partout dans le vignole vaudois. Ailleurs, du reste, des observations semblables ont été également enregistrées.

La vigne greffée possède-t-elle véritablement une résistance à la gelée supérieure à la vigne non greffée? La greffe agirait-elle, au point de vue mécanique, en modifiant les échanges de sève? Ou bien la vigne américaine céderait-elle à son greffon une sève plus concentrée, gelant à une température plus basse? Ou bien s'agirait-il peut-être surtout d'une question d'âge, les jeunes vignes étant reconstituées sur vignes américaines dans nos régions, tandis que les vieilles vignes, plus impressionnées par les gelées, sont encore franches de pied?

A la suite de nombreux décomptages effectués sur divers points du vignoble et d'expériences de congélation artificielle montrent que, *toutes autres conditions étant semblables*, le greffage n'augmente pas d'une façon évidente la résistance de la vigne au gel. Si les vignes greffées ont incontestablement moins souffert des gels printaniers de 1912 et 1913 que les vieilles vignes, cela tient essentiellement à l'*âge* des parcelles greffées.

Les détails de cette étude, avec nombreux chiffres à l'appui, ont été publiés dans la *Terre vaudoise*, n^os^ des 18 et 25 octobre 1913.

Séance du 3 décembre

M. Moreillon. Contribution au catalogue des Zoocécidies de la Suisse. — P. Murisisier. Cellules pigmentaires intraépidermiques des Amphibiens. — J. Perriraz. Cas anormal de développement de pommes de terre.

M. Moreillon fait une communication intitulée : *Contribution au catalogue des Zoocécidies de la Suisse*, qui paraîtra dans le prochain numéro du *Bulletin*.

M. P. Murisier parle des *cellules pigmentaires intraépidermiques des Amphibiens*. Le résultat de ses observations sera publié dans les Comptes-rendus de l'Association des anatomistes, 15e réunion, Lausanne 1913.

M. J. Perriraz. — *Cas anormal de développement de pommes de terre.*

On admet que la pomme de terre est un tubercule qui, pour se former, doit subir l'action excitante des microbes; ces derniers se trouvent naturellement dans le sol et des cultures de graines dans un sol aseptique n'ont donné que des plantes sans tubérisations. Dans la partie extérieure du tubercule, sous l'écorce proprement dite, existent des faisceaux fibro-vasculaires. Dans l'anomalie présente, ces faisceaux ont formé des tubercules à l'intérieur d'un tubercule-mère, de plus quelques tubercules normaux se sont développés à l'extérieur; six tubérisations internes ont absorbé les trois quarts des substances de réserve, laissant à nu par place les faisceaux non tubérisés. Ce cas intéressant montre que si l'élément microbien est vraiment actif dans la formation des tiges souterraines, l'intoxication reste active dans l'intérieur même de l'organe modifié. Des cas analogues pour les tiges aériennes ont été signalés (voir Dr J. Perriraz, *Bull. Soc. vaudoise des Sc. nat.*, vol. 162).

L'exemplaire présenté provenait de la cave de M. Gailloud, pharmacien.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

A. Turpain, La Lumière, un beau vol. grand in-8° de 304 p. avec 136 dessins et photographies. Ch. Delagrave, lib.-édit., Paris, 1914.

Nous tenons à signaler tout de suite à nos lecteurs l'apparition de ce très beau volume, œuvre de M. Turpain, le savant professeur de physique à l'Université de Poitiers.

Ce traité, car c'en est un, a un caractère assez individuel qui reflète la personnalité très marquée et le tempérament spécial de son auteur. Celui-ci ne s'est pas astreint en effet pour l'exposé très rigoureusement scientifique des faits à une forme banale et stéréotypée. Pour rendre cet exposé d'une lecture facile et même attrayante à celui qui sans être un savant de profession est cependant avide de s'instruire, il l'a émaillé de faits de détails pris dans la vie courante et de nature à rendre plus facile pour le profane la compréhension de notions parfois trop abstraites pour lui. Ils sont d'ailleurs très bien choisis de façon à exciter son intérêt.

Tel est ce livre, un très beau livre, qui, à côté de sa rigueur scientifique, est une œuvre didactique au plus haut degré, s'adressant au grand public et propre à lui rendre claires et à lui faire aimer les choses de la science.

H. Ollivier. Cours de physique générale. — T. I, Unités, gravitation. électricité et magnétisme, ions et électrons, symétries. 1 vol. 8° de 714 p. avec 370 figures dans le texte et 2 planches hors texte. Librairie scientifique A. Hermann et fils, lib.-édit., Paris, 1913.

Nous avons déjà attiré l'attention de nos lecteurs il y a plusieurs mois sur ce nouvel et excellent traité de physique générale lorsque parut le tome II devançant le tome I (voir *Archives*, 1913, t. XXXVI, p. 517). Ce n'est pas là, nous l'avons déjà dit, un traité dans le sens propre du mot, mais la reproduction d'un cours de licence professé en 1911-12, 1912-13 à la Faculté des Sciences de l'Université de Lille.

L'ouvrage complet se compose de trois volumes, qui ne forment pas une suite proprement dite, ils correspondent à trois enseignements menés de front.

Le tome I précédé d'un chapitre sur les unités est divisé en six parties: Gravitation, Electrostatique, Magnétisme, Courants électriques, Electrons et ions, Symétrie des systèmes et des phénomènes.

La cinquième partie est tout particulièrement intéressante à consulter pour tous ceux qui veulent se mettre au courant des dernières investigations de la science dans ce champ tout neuf et déjà si vaste de la ionisation et de la radioactivité.

CHIMIE

A. Bistrzycki et L. Ryncki. Contribution a l'étude de la décarbonylation dans les composés organiques. *(Mémoires de la Société fribourgeoise des Sciences naturelles.* Vol. III. fasc. 3, p. 139 à 250.)

La *décarbonylation* est l'opération qui consiste à éliminer le groupe carbonyle (CO), préexistant dans la molécule, dans les composés organiques de toute nature. Ce groupe exige, pour se dégager des conditions de réaction plus énergiques que le groupe carboxyle (CO^2), aussi la bibliographie chimique n'offre-t-elle que de rares exemples de la décarbonylation ; le résultat des expériences dépend de bien des facteurs peu connus et on n'a pas pu jusqu'ici relier les faits observés par une loi générale nette et précise, sauf pour ce qui concerne la décarbonylation des acides tertiaires qui, d'après les recherches de Bistrzycki et de ses élèves, se produit dans des conditions bien déterminées.

D'une manière générale les études faites par B., ses élèves et Siemiradzki en particulier, ont montré que le dégagement de l'oxyde de carbone peut être effectué dans un grand nombre de classes de composés. Un travail de Siemiradzki a fourni déjà une abondante documentation sur ce sujet jusqu'en 1908 et les auteurs du présent mémoire ont extrait des traités et publications faites depuis, tout ce que l'on a écrit sur la décarbonylation des composés aldéhydiques et cétoniques en général, sans se limiter à une seule série et à une seule méthode.

Les auteurs se sont bornés à étudier expérimentalement le phénomène dans deux classes de composés seulement, les aldéhydes et les cétones, et ont fait porter de préférence leurs recherches sur les composés de la série cyclique, dont l'étude permet de tirer des

conclusions plus instructives que celles des dérivés de la série aliphatique.

Le mémoire constitue donc une mise au point fort intéressante des résultats obtenus par le savant professeur de l'Université de Fribourg et ses élèves; on y trouve une figure de l'appareil employé dans ces expériences, ainsi qu'une tabelle résumant les observations sur le sujet.

GÉOLOGIE

E. Joukowsky et J. Favre. Monographie géologique et paléontologique du Salève (Haute-Savoie). *Mém. de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève.* Vol. 37, p. 295-523, pl. 6-34, 1 carte au 1 : 25000.

Le Salève qui ne s'élève qu'à quelques kilomètres de Genève et qui a toujours été un des buts d'excursion favoris des habitants de cette ville, a été décrit déjà à plusieurs reprises par les géologues genevois; Alphonse Favre en particulier lui a consacré un chapitre important de son étude géologique de la Savoie et P. de Loriol a étudié plusieurs des niveaux fossilifères qui s'y rencontrent.

Mais, si la géologie du Salève était connue dans ses grandes lignes, elle n'avait en somme jamais été étudiée avec la précision qu'exige la science moderne. Cette lacune vient fort heureusement d'être comblée grâce à la persévérance de MM. Joukowsky et Favre, qui ont consacré cinq années à explorer dans tous ses détails cette chaîne, qui y ont découvert de très nombreux faits nouveaux et qui l'ont décrite dans une fort belle monographie.

Pour repérer leurs levés géologiques sur une bonne base topographique les auteurs ont dû établir eux-mêmes une carte nouvelle au 1 : 25000, qui représente à elle seule un travail de valeur et de grande utilité. Leur carte définitive, avec teintes géologiques, est ainsi complètement originale aussi bien par son côté topographique, que par son caractère stratigraphique et tectonique.

La description faite par MM. Joukowsky et Favre se subdivise en trois parties essentielles, la première stratigraphique, la seconde tectonique, la troisième paléontologique.

Le chapitre stratigraphique concerne le Jurassique supérieur, le Crétacique inférieur, le Sidérolithique, la Molasse et le Quaternaire, mais les auteurs ont prêté une attention spéciale à l'étude du Portlandien, du Purbeckien et de l'Infravalanginien, qui se présentent au Salève dans des conditions particulièrement favo-

rables à une observation détaillée et dont une série de coupes très précises ont pu être établies. De riches gisements fossilifères ont été exploités à différents niveaux, mais surtout dans le Portlandien inférieur.

Au point de vue tectonique le Salève était depuis longtemps connu comme une chaîne anticlinale, dans laquelle, par suite d'un déjettement au N W, le jambage septentrional est redressé verticalement. L'on savait aussi que le pli du Salève se continue vers le S W jusqu'au Fier par la Montagne de la Balme et le Coteau de Lovagny et qu'il est coupé entre les Pitons et la Montagne de la Balme, comme entre celle-ci et le coteau de Lovagny, par des décrochements transversaux. Mais MM. Joukowsky et Favre ont montré que cette tectonique fondamentale est compliquée par de multiples dislocations, qui n'avaient pas été reconnues jusqu'ici. Les failles en particulier y jouent un rôle important et elles se répartissent en deux catégories nettement distinctes : ce sont d'abord des failles longitudinales, qui le plus souvent coupent le jambage supérieur du pli à petite distance de la charnière anticlinale, en déterminant un affaissement de leur lèvre S, soit de celle qui est opposée à la charnière. La seconde catégorie de failles comprend essentiellement des décrochements transversaux, qui ne sont en somme qu'une répétition plus au N E des grands décrochements transversaux déjà connus de la Montagne de la Balme. La plus considérable de ces dislocations coupe la chaîne du Salève un peu à l'E de la Croisette ; elle se traduit par une avancée brusque de toute la masse de l'anticlinal vers le N W et se marque d'une façon si frappante dans la topographie, qu'on s'étonne qu'elle n'ait pas été observée plus tôt. Mais outre cet accident transversal principal MM. Joukowsky et Favre en ont relevé toute une série d'autres, moins importantes.

A leur chapitre tectonique les auteurs ont ajouté quelques pages consacrées à la morphologie du Salève, telle qu'elle est née sous l'influence des déformations orogéniques d'une part, de l'érosion d'autre part.

La dernière partie de la monographie du Salève est paléontologique ; elle est consacrée en première ligne à la description des fossiles très nombreux et en partie très beaux que MM. Joukowsky et Favre ont récoltés dans le Portlandien. La faune de cet étage au faciès néritique comprend 92 espèces, dont 75 appartiennent au Portlandien inférieur. Parmi ces fossiles M. Favre a reconnu et décrit 1 espèce de Crinoïde, 10 espèces d'Echinides, 11 espèces de Brachiopodes, 19 espèces de Lamellibranches, 50 espèces de Gastéropodes et 1 espèce de Bélemnite. Les groupes les plus caractéristiques sont d'une part les Diceratidés, dont les représentants les plus communs sont *Diceras speciosum* Münster

et *Matheronia salevensis* sp. nov. et les Nerineidés : *Nerinea Hoheneggeri* Peters., *Phaneroptyxis Staszycii* Zeuschner, *Phaner. Renevieri* de Lor., *Itieria cabanetiana* d'Orb., *Ptygmatis Meneghini* Gem., *Pt. quinqueplicata* Gem. Dans son ensemble la faune trouvée dans le Portlandien du Salève offre une étroite analogie avec celle du Tithonique de Stramberg et du Languedoc.

Dans le Purbeckien MM. Joukowsky et Favre ont trouvé d'une part des fossiles marins, surtout des Gastéropodes, qui sont pour la plupart des formes naines, d'autre part les fossiles d'eau douce habituels dans le Purbeckien du Jura.

Enfin dans l'Infravalangien MM. Joukowsky et Favre ont exploité séparément le niveau à *Heterodiceras Luci* Defr. qui a fourni 16 espèces et le niveau à *Natica Leviathan* Pict. et Camp.

Dans son ensemble cette étude paléontologique, qui est accompagnée d'un bel atlas de planches, constitue un apport important à nos connaissances sur les faunes néritiques de la période de transition du Jurassique au Crétacique.

Ch. Sarasin.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1913

Mai

101. Baragiola (W. I.). Die Unmöglichkeit der analytischen Trennung von Weinstein und freier Weinsäure im Wein. Wädenswil. — *Schweiz. Wochenschr.* **51.** 289.

102. Baur (Emil). Ueber die Genesis der Kohlenhydrate. Zürich. — *Die Naturwissenschaften* **1.** 474.

103. Cabrera (B.) et Moles (E.). La magnétochimie de quelques sels ferriques et la théorie du magnéton. Zürich. Lab. de physique de l'Ecole polytechn. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **35.** 425.

104. Duparc (L.) et Monnier (A.). Traité de technique minéralogique et pétrographique (Leipzig) Genève.

105. Fichter (Fr.) und Jablczynski (Kas.). Ueber Beryllium-Metall. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Berichte* **46.** 1604.

106. Gorfine (N. M.). Sur quelques dérivés du p-aminobenzène. *Thèse.* Genève (Dr Ferrario).

107. Ionescu (Alexandre V.). Contribution à l'étude du mécanisme de l'inversion de Walden. *Thèse.* Genève (Prof. Guye).

108. Kay (Francis William) and Pictet (Amé). Experiments on the Synthesis of Apomorphine. Liverpool. University and Genève. Université. Lab. de ch. organ. — *J. chem. Soc.* **103.** 947.

109. Kohlschütter (V.) und Eydmann (E.). Ueber Bildungsformen des Silbers. Das aus festen Verbindungen abgeschiedene Silber. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Annalen* **398.** 1.

110. Küng (A.). Die Synthese des Betonicins und Turicins. Solothurn. Chem. Lab. der Kantonsschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **85.** 217.

111. Küng (A.) und Trier (G.). Ueber Betonicin und Turicin. Solothurn. Chem. Lab. der Kantonsschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **85.** 209.

112. Noll (August). Ueber feine Metallzerteilungen. *Dissert.* Bern (Prof. Kohlschütter).

113. Pfeiffer (P.) und Modelski (J. v.). Verhalten der α-Aminosäuren und Polypeptide gegen Neutralsalze. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **85.** 1.

114. Piccard (Auguste). Le coefficient d'aimantation de l'eau et de l'oxygène. Zürich. Inst. de physique du Polytechn. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **35.** 216. 340. 458.

115. Reichinstein (D.). Ein Apparat und eine Anordnung zur Bestimmung von Geschwindigkeiten der chemischen Reaktionen, welche sich an elektrolytischen Elektroden bei Stromdurchgang abspielen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. Elektroch.* **19.** 384.

116. Sazanoff (P.). Zur Kenntnis der Metallnitrosoverbindungen. *Dissert.* Bern (Prof. Kohlschütter).

117. Strzyzowsky (Casimir). Ueber Mikrofiltration mittels der Zentrifugalkraft. Lausanne. Univ.-Lab. für physiol. Ch. — *Oesterr. Chem.-Zeitung* **16.** 123.

118. Vonderwahl (Ernest). Sur la constitution, la désagrégation et la synthèse des cyanines. *Thèse.* Genève (Dr Kaufmann).

Juin

119. Bamberger (Eug.). Zur Konstitution des Naphthalins. Zürich. — *Berichte* **46.** 1899.

120. Battelli (F.) und Stern (L.). Einfluss der Anaesthetica auf die Oxydone. Genf. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **52.** 226.

121. Battelli (F.) und Stern (L.). Einfluss der Aldehyde auf die Oxydone. Genf. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **52.** 253.

122. Constam (E. J.) und Schläpfer (P.). Ueber Entzündungstemperaturen (Zündpunkte) besonders von Brennstoffen. Zürich. — *Zeitschr. angew. Ch.* **26.** 352.

123. Fellenberg (Th. v.). Bestimmung und Nachweis von Methylalkohol. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **4.** 122.

124. Fellenberg (Th. v.). Analyse einiger Branntweine aus Obst. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **4.** 146.

125. Guggenheim (M.). Proteinogene Amine. Peptamine : Glycyl-p-Oxyphenyläthylamin, Alanyl-p-Oxyphenyläthylamin, Glycyl-β-Imidazolyläthylamin. Basel. Physiol.-chem. Lab. von F. Hoffmann-LaRoche und Co. — *Biochem. Zeitschr.* **51.** 369 und *Therap. Monatshefte* **27.**

126. Gury (Ed.). Contribution à l'étude des farines. Bern. Lab. du service sanitaire féd. — *Travaux ch. alim.* **4.** 113.

127. Guye (Ph. A.). Coup d'œil rétrospectif sur les déterminations du poids atomique du chlore. Poids atomique de l'argent. Considérations générales sur la détermination des poids atomiques. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **11.** 275.

128. Guye (Ph. A.). Sur deux petites corrections à apporter aux déterminations de densités de gaz exécutées à Genève. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **11.** 319.

129. Jaquerod (A.) et Tourpaian (M.). Sur le poids du litre normal des gaz chlore et tétrafluorure de silicium. Contribution à la détermination des poids atomiques de Cl et F. Neuchâtel. Lab. de phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **11.** 269.

130. Kaufmann (Adolf). Ueber synthetische, den China-Alkaloïden nahe verwandte Basen. Genf. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 1823.

131. Klinger (Gabriel). Gasanalytische Bestimmung von Stickoxyd und Sauerstoff, beruhend auf der glatten Bildung von Salpetrigsäure-anhydrid aus diesen Gasen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **46.** 1744.

132. Kohlschütter (V.). Die Formen des Silbers. Studien zur physikalisch-chemischen Morphologie. Bern. — *Zeitschr. Kolloide* **12.** 285.

133. Laar (J. J. van). Zur Theorie der Dampfspannungen von binären Gemischen. Fontanivent sur Clarens. — *Zeitschr. physikal. Ch.* **83.** 599.

134. Malinowsky (Stanislas). Sur la synthèse de la pseudo-corydaline. *Thèse.* Genève (Prof. Pictet).

135. Marcouchevitch (A.). Sur les dinitrobenzimidazols substitués, leurs produits de réduction et leur constitution. *Thèse.* Genève (Dr Maron).

136. Maryanovitch (Voukossava). Contribution à l'étude des phénomènes de spécificité dans l'action de la phénolase. *Thèse.* Genève (Bach).

137. Moraczewski (W. von). Ueber die bei künstlicher Verdauung und Fäulniss verschiedener Eiweisskörper auftretenden Indolmengen. Zürich. Chem. Lab. der med. Klinik. — *Biochem. Zeitschr.* **51.** 340.

138. Moraczewski (W. v.) und Herzfeld (E.). Ueber den Einfluss der Ernährung auf die Ausscheidung von Indol und Indican bei gesunden Menschen. Zürich. Chem. Lab. der med. Univ.-Klinik. — *Biochem. Zeitschr.* **51.** 314.

139. Nussberger (G.). Analyse der Mineralquelle von Fideris-Bad. Chur. Kantonales chem. Lab. — *Schweiz. Wochenschr.* **51.** 349. 365.

140. Nussberger (G.) und His (H.). Neue Analysen bündnerischer Mineralquellen. — *Jahresb. der naturf. Ges. Graubündens* **54.** 46.

141. Oesterle (O. A.). Ueber das Tekomin. Bern. — *Archiv der Pharm.* **251.** 301.

142. Osterwalden (A.). Die Bildung flüchtiger Säuren in zuckerfreien Weinen und Nährlösungen bei Luftzutritt durch reingezüchtete Weinhefen nach R. Meissner. Wädenswil. Schweiz. Versuchs-Anstalt. — *Zentralblatt Bakteriol.* **38.** 8.

143. Pfeiffer (P.). Zur Theorie der Farblacke. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Annalen* **398.** 137.

144. Reverdin (Frédéric). Kurze Notiz über eine photochemische Reaktion. Genf. Univ.-Lab. für organ. Ch. — *J. prakt. Ch.* **88.** 90.

145. Reverdin (Frédéric) et Fürstenberg (Ludwick). Sur les dérivés nitrés de la p-phénétidine. Genève. Lab. de ch. organ. de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **35.** 594 et *Bull. de la Soc. chimique* **13.** 671.

146. Rupe (H.). Zwei Vorlesungsversuche. Basel. — *J. prakt. Ch.* **88.** 79.

147. Sosinski (Casimir). Influence des halogènes sur les propriétés de l'acide diphényl-ββ-oxy-β-propionique. *Thèse.* Genève (Dr Ferrario).

148. Steiger (Max) und Döll (A.). Untersuchungen über die Desinfektionskraft des Sublimats. Bern. Inst. zur Erforschung der Infektionskrankheiten. — *Zeitschr. Hyg.* **73.** 324.

149. Trier (Georg). Weitere Beiträge zur Kenntnis einfacher Pflanzenbasen. Zürich. Agr.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **85.** 372.

150. Tunmann (O.). Pflanzenmikrochemie (Berlin) Bern.

151. Vallette (Louis G.). Sur une préparation d'aldéhydes à noyau azoté. *Thèse.* Genève (Dr Kaufmann).

152. Wourtzel (Eugène). Nouvelle révision des poids atomiques du chlore et de l'azote. Genève. Lab. de ch. théorique et technique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **11.** 214.

153. Wunder et Schuller (C.). Dosage du magnésium sous les formes de phosphate ammoniaco-magnésien et d'arséniate ammoniaco-magnésien. Genève. Lab. de ch. anal. de l'Univ. — *Annales ch. anal.* **18.** 221.

Juillet

154. Andrejew (J. J.). Die Einwirkung des Lichtes auf Wasserdampf und Knallgas. Zürich. — *Zeitschr. Elektroch.* **19.** 551.

155. Bach (A.). Zur Kenntnis der Reduktionsfermente. Pflanzliche Perhydridase. Genf. Privatlab. — *Biochem. Zeitschr.* **52.** 412.

156. Bach (A.). Oxydative Bildung von Salpetrigsäure in Pflanzenextrakten. Genf. Privatlab. — *Biochem. Zeitschr.* **52.** 418.

157. Becaïa (Melchisedec). L'influence d'un excès de nitrate de calcium et de silicate de sodium sur le dosage de l'acide phosphorique. *Thèse.* Genève (Prof. Duparc).

158. Bichniewicz (Sophie). Die Beeinflussung der Giftigkeit des Chinins durch Fremdstoffe gegenüber Colpidium Colpoda. Bern. Lab. für physik.-chem. Biol. der Univ. — *Zeitschr. allg. Physiol.* **15.** 133. 183 und *Dissert.* Bern (Dr Woker).

159. Briner (E.). Sur la dissociation des molécules en atomes, considérée comme un des facteurs de la vitesse de réaction. Genève. — *Comptes rendus* **157.** 281.

160. Dhéré (Ch.). Sur la diversité des hémocyanines suivant leur provenance zoologique. Fribourg. — *Comptes rendus* **157.** 309.

161. Ephraim (Fritz). Ueber die Tension von Metallammoniakverbindungen. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Zeitschr. physikal. Ch.* **84.** 98.

162. Fichter (Fr.) und Spengel (Adolf). Die Reaktionen des Aluminiumnitrids. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **82.** 192.

163. Fischmann (Emilie). Ueber das Spiegelsilber. *Dissert.* Bern (Prof. Kohlschütter).

164. Fox (Charles). Sur la mobilité du chlore dans certaines benzophénones chloronitrées. *Thèse.* Genève (Dr Maron).

165. Kartschmar (Mordcho). Sur quelques dérivés de la m-nitro-p-anisidine. *Thèse.* Genève (Dr Ferrario).

166. Kawa (Daniel). Sur quelques dérivés de l'aldéhyde 2-6-dichlorobenzoïque. *Thèse.* Genève (Dr Reich).

167. Kehrmann (F.), Havas (E.) und Grandmougin (E). Ueber Farbbasen der Chinonimid-Farbstoffe. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. und Mülhausen. Organ. Lab. der Chemieschule. — *Berichte* **46.** 2131.

168. Kreis (Hans) und Roth (Emil). Verfahren zum Nachweis von Rüböl. Basel. Lab. des Kantons-Chemikers. — *Zeitschr. Unters. Nahrungsmittel* **26.** 38.

169. Ott (Erwin). Ueber symmetrische und asymmetrische Dicarbonsäure-chloride. Zürich. Chem. Inst. der techn. Hochschule. — *Berichte* **46.** 2172.

170. Reich (Siegmund) und Gaigalian (Georges). Ueber Ringschliessung unter Abspaltung einer Nitrogruppe aus dem Benzolkern. Genf. Org. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 2380.

171. Reichinstein (D.). Ein methodologischer Fehler. Zürich. — *Zeitschr. Elektroch.* **19.** 518.

172. Reichinstein (D.) und Bürger (A.). Beitrag zur Theorie der chemischen Polarisation der umkehrbaren Elektroden. Das anodische Verhalten von Hg-Cu- und Ag-Cu-Legierungen. Zürich. — *Zeitschr. Elektroch.* **19.** 520.

173. Reichinstein (D.) und Zieren (A.). Ueber den Einfluss der Zusätze von freier Schwefelsäure, sowie ihrer Neutralsalze zum Elektrolyten auf die kathodische Polarisation der Cu-$CuSO_4$-Elektrode. Zürich. Chem. Inst. der Univ. — *Zeitschr. Elektroch.* **19.** 530.

174. Reverdin (Frédéric). Petite notice sur une réaction photochimique. Genève. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **36.** 59 et *Bull. de la Soc. chimique* **13.** 485.

175. Rupe (H.) und Lenzinger (Eduard). Ueber den Einfluss der Konstitution auf das Drehungsvermögen optisch aktiver Substanzen. Ueber Keto-Enol-Umlagerung bei Abkömmlingen des Acetessigsäurementhylesters. Basel. Chem. Lab. der Univ. — *Annalen* **398.** 372.

176. Ruszkowski (Mieczyslaw). Ueber einen neuen Rhabarber vom Altai. *Dissert.* Bern (Prof. Tschirch).

177. Staudinger (H.), Endle (R.) und Herold (J.). Ueber die pyrogene Zersetzung von Butadien-Kohlenwasserstoffen. Zürich. Chem. Inst. der techn. Hochschule. — *Berichte* **46.** 2466.

178. Stein (Rebecca). Ueber Sulfophosphate und Sulfophosphite. *Dissert.* Bern (Prof. Ephraim).

179. Stieger (Anton). Untersuchungen über die Verbreitung des Asparagins, des Glutamins, des Arginins und des Allantoins in den Pflanzen. Zürich. Agr.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **86.** 245.

180. Stieger (Anton). Ueber das Vorkommen von Hemicellulosen in Wurzelstöcken, Rhizomen und Wurzelknollen. Zürich. Agr.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **86.** 270.

181. Trier (Georg). Ueber die nach den Methoden der Lecithindarstellung aus Pflanzensamen erhältlichen Verbindungen. Zürich. Agr.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **86.** 1. 141. 153. 407.

182. Winterstein (E.) und Reuter (C.). Ueber das Vorkommen von Histidinbetain im Steinpilz. Zürich. Agr.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **86.** 234.

Août

183. Ackermann. Ueber den Wert der neuern Methoden zur Herstellung des Milchserums. Genf. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **4.** 211.

184. Allemann (O.). Zur Bestimmung des Fettgehaltes im Käse. Bern. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **4.** 253.

185. Barladean (A. G.). Aqua destillata in medizinischer und pharmazeutischer Praxis. Bern. Botan. Inst. der Univ. — *Pharm. Zentralhalle* **54.** 787.

186. Barladean (A. G.). Methoden der Wasserdestillation. Bern. Botan. Inst. der Univ. — *Schweiz. Wochenschr.* **51.** 485. 497. 513.

187. Baur (Emil). Ein Modell des elektrischen Organs der Fische. Zürich. — *Zeitschr. Elektroch.* **19.** 590.

188. Besson (A. A.). Die Bestimmung von Thiosulfat neben Sulfiten. Basel. — *Chem.-Zeitung* **37.** 926.

189. Besson (A. A.). Apparat zur Bestimmung des Siedepunktes. Basel. — *Chem.-Zeitung* **37.** 1035.

190. Besson. Ueber Thee-Untersuchungen. Die Reaktion nach Fiehe. Zur Untersuchung von Bodenwichse. Ueber ein vereinfachtes Pyknometer. Basel. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **4.** 213.

191. Burri (R.). Ueber die Beziehungen gewisser Schimmelpilze des Bodens zu den benzoesauren Salzen und anderen aromatischen Körpern der Gülle. Bern. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **4.** 259.

192. Cardoso (Ettore). Note préliminaire sur la détermination des éléments critiques du méthane. Genève. Inst. de physique de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **36.** 97.

193. Czechowski (Karl). Untersuchungen in der Triphenylmethanreihe. *Dissert.* Freiburg (Prof. Bistrzycki).

194. Duboux. Nouvelles applications de la volumétrie physicochimique à l'analyse des vins. Lausanne. — *Travaux ch. alim.* **4.** 229.

195. Dusserre (C.) et Chavan (P.). Recherches sur le dosage du phosphore dans les engrais et dans les fourrages. Lausanne. — *Travaux ch. alim.* **4.** 261.

196. Dutoit. Du rôle de la volumétrie physico-chimique dans l'appréciation des vins. Lausanne. — *Travaux ch. alim.* **4.** 237.

197. Fellenberg (von). Die Praxis der Zuckerbestimmung nach Allihn. Bern. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **4.** 239.

198. Joye (Paul). Recherches sur les spectres de réflexion de composés du néodyme. Fribourg. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **36.** 41. 113.

199. Kreis. Zum Nachweis des Rüböls. Basel. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **4.** 201.

200. Liechti (P.). Ueber die Wirkung des Schwefels auf das Pflanzenwachstum. Bern. — *Mitt. Lebensmittel.* **4.** 267.

201. Lorenz (Richard), Jabs (A.) und Eitel (W.). Beiträge zur Theorie der Aluminiumdarstellung. Zürich. Lab. für physikal. Ch. des Polytechn. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **83.** 39.

202. Meldola (Raphael) und Reverdin (Frédéric). The Constitution of the Trinitro-p-aminophenols and Trinitro-p-anisidines. Finsburg. Technical College and Geneva. Univ. Organ. chem. Lab. — *J. chem. Soc.* **103.** 1484.

203. Müller (W.). Ueber Erfahrungen bei der Anwendung des Mai-Rheinberg'schen Wasserbestimmungsverfahrens auf Käse. Bern. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **4.** 268.

204. Oesterheld (G.). Tantal als Kathodenmaterial. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Zeitschr. Elektroch.* **19.** 585.

205. Reverdin (Frédéric) und Fürstenberg (Ludwig). Nitroderivate des p-Phenetidins. Genf. Univ. *J. prakt. Ch.* **88.** 318.

206. Schaffer. Ueber Farbenreaktionen mit Weinbestandteilen. Bern. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **4.** 206.

207. Schmitz (B.). Nachtrag zur titrimetrischen Kalibestimmung. Zürich. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **4.** 272.

208. Schwarz (H.). Die Bedeutung graphischer Methoden für das Wiederauffrischen der Säurebäder in der Praxis. Zürich. — *Zeitschr. Schiess- und Sprengstoffe* **8.** 288. 313.

209. Sperber (Joachim). Verdrängung von Säuren durch Wasserstoffsuperoxyd. Zürich. — *Schweiz. Wochenschr.* **51.** 469.

210. Spindler (O. v.). Ueber eine wichtige Fehlerquelle bei Kjeldahl-Bestimmungen im Harn. Zürich. — *Schweiz. Wochenschr.* **51.** 517.

211. Spinner (J. R.). Nitrobenzol als Gift im Gewerbe und zu verbrecherischen Zwecken. Zürich. — *Pharm. Zentralhalle* **54.** 871.

212. Stern (Otto). Zur kinetischen Theorie des Dampfdruckes einatomiger fester Stoffe und über die Entropiekonstante einatomiger Gase. Zürich. — *Physikal Zeitschr.* **14.** 629.

213. Tunmann (O.). Bemerkungen über Flores Cinae und die in den Handel gekommene santoninfreie Artemisia. Bern. — *Apotheker-Zeitung* **28.** 659.

214. Verda. Contribution à l'étude des falsifications du safran. Lugano. — *Travaux ch. alim.* **4.** 222.

215. Wertheimer (E.). Messung der Stromkurve in Luft bei Ionisierung durch β- und γ-Strahlen. Zürich. Physikal. Inst. der Univ. — *Physikal. Zeitschr.* **14.** 711.

216. Wunder (M.) et Schapira (A.). Séparation du wolfram d'avec le thorium, le lanthane, le cérium, l'erbium, le didymium et la silice. Genève. Ecole de ch. anal. — *Annales ch. anal.* **18.** 257.

217. Wunder (M.) und Thüringer (V.). Trennung des Palladiums von den Edelmetallen, Gold, Platin, Rhodium und Iridium. Anwendbarkeit des Dimethylglyoxims. Genf. Lab. für anal. Ch. der Univ. — *Zeitschr. anal. Ch.* **52.** 660.

MESURES DU COURANT ÉLECTRIQUE

PASSANT DE L'ATMOSPHÈRE A LA TERRE

faites chaque jour à Fribourg, à 2 h. 30 du soir

par M. le prof. Gockel

DÉCEMBRE 1913

Date	λ_-	λ_+	$q = \lambda_+/\lambda_-$	P.G.	Courant	
1	27	31	1.15	410	80	brumeux
2	57	61	1.07	382	150	»
3	30	42	1.40	410	99	brouillard
4	193	218	1.13	105-70	—	pluie
5	112	108	0.96	177	130	couvert
6	—	—	—	-240	—	pluie
7	117	99	0.84	127	93	nébuleux
8	75	89	1.18	186	102	clair
9	69	67	0.97	311	140	»
10	146	153	1.05	58	57	pluie dans le voisinage
11	61	61	1.00	144	58	couvert
12	73	77	1.05	237	118	»
13	71	94	1.32	232	128	»
14	100	106	1.06	248	171	»
15	98	118	1.20	155	111	»
16	41	67	1.63	474	170	brumeux
17	74	70	0 94	101	49	couvert
18	55	54	0.98	110	38	couvert nébuleux.
19	62	66	1.06	185	79	»
20	59	75	1.27	200	89	»
21	50	51	1.02	109	37	brouillard.
22	54	56	0.98	144	53	»
23	49	54	1.10	237	81	»
24	114	125	1.09	248	199	clair.
25	—	—	—	—	—	
26	47	72	1.53	421	167	couvert
27	98	93	0.94	169	108	»
28	152	40	0.26	-850	—	neige.
29	—	—	—	—	—	
30	—	—	—	—	—	
31	—	—	—	—	—	

Abréviations

λ_- = conductibilité par ions négatifs en unités électrostatiques $\times 10^6$
λ_+ = » » » positifs » » $\times 10^6$
P.G. = gradient du potentiel en volt par mètre.
Courant vertical, en unités électrostatiques $\times 10^8 = (\lambda_- + \lambda_+) \times$ P.G.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE DÉCEMBRE 1913

Le 1, gelée blanche le matin ; brouillard pendant la plus grande partie de la journée.
2, gelée blanche le matin ; brouillard pendant tout le jour.
3, brouillard jusqu'à 8 h. du soir ; gelée blanche le matin.
4, pluie à 11 h. du matin, à 4 h. et depuis 9 h. du soir.
5, grésil à 10 h. 15 m. du matin ; pluie intermittente l'après-midi ; fort vent depuis 9 h. du soir.
6, pluie pendant la plus grande partie de la journée ; fort vent à 7 h. du matin et à 1 h. du soir.
7, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin ; forte bise depuis 9 h. du soir.
8, forte bise à 7 h. du matin ; gelée blanche le soir.
9, gelée blanche le matin et le soir.
10, légère gelée blanche le matin.
les 11 et 12, rosée le matin.
14 et 15, gelée blanche le matin et le soir.
le 16, gelée blanche et givre le matin et le soir.
17, gelée blanche et givre le matin ; pluie à 10 h. du soir.
18, très forte bise depuis 1 h. du soir.
19, forte bise jusqu'à 7 h. du soir.
22, brouillard depuis 1 h. du soir.
23, brouillard pendant tout le jour ; givre.
24, brouillard et givre à 7 du matin ; pluie dans la soirée.
27, fort vent à 7 h. et à 9 h. du soir.
28, fort vent à 7 h. du matin et à 1 h. du soir ; pluie à 11 h. 50 m. et à 1 h. du soir ; orage de 3 h. à 3 h. 15 m. du soir.
29, neige dans la nuit et à 7 h. du matin ; haut. 1 cm.
30, neige à 4 h. du soir ; haut. 3 cm. ; forte bise depuis 7 h. du soir.
31, très forte bise pendant tout le jour.

Hauteur totale de la neige : 4 cm. tombés en deux jours.

GENÈVE — DÉCEMBRE 1913

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	35.4	34.0	33.6	34.54	+ 7.80	33.0	36.2	SE. 0	SSW. 1	SSW. 0	calme	0.2	10	10	10	10	0.0	....	....
2	33.6	33.3	33.5	33.46	+ 6.68	32.8	34.3	SE. 0	SSW. 1	SSE. 0	calme	0.2	10	10	10	10	0.0	0.5	....
3	32.3	30.6	28.1	30.70	+ 3.88	27.3	33.0	SSE. 1	SE. 1	SE. 0	calme	0.6	10	10	1	9	0.0	0.3	....
4	25.1	23.9	28.3	26.06	- 0.80	23.9	29.1	NNW. 1	SSW. 1	SW. 1	calme	1.1	4	10	10	9	0.6	10 3	4
5	30.3	30.5	28.0	29.59	+ 2.69	26.0	30.6	SSW. 1	S. 1	SSW. 2	SSW. 1	11.1	7	5	10	8	1.8	6.2	7
6	23.9	21.3	19.2	21.95	- 4.99	19.1	26.0	SSW. 2	NW. 2	NNW. 1	var.	11.8	10	10	10	10	0.0	**46.3**	**21**
7	20.4	23.5	27.8	23.16	- 3.82	19.3	28.8	SE. 1	NNW. 0	NNE. 2	NNE. 1	5.1	10	9	10	10	0.0	0.3	....
8	33.2	33.7	36.0	33.66	+ 6.64	28.8	36.7	NNW. 2	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	13.5	1	0	0	0	**7.5**	....	....
9	36 2	35.3	34.5	35.49	+ 8.43	33.4	36.7	SW. 1	NNE. 1	SSW. 0	calme	0.5	0	0	0	0	6.9	.. .	....
10	32.3	31.3	32.4	32.18	+ 5.08	31.3	33.4	SSW. 1	SE. 1	NNW. 0	calme	1.1	8	9	10	9	0.8	....	....
11	31.2	31.3	31.9	31.57	+ 4.43	31.1	32.2	SSW. 1	NNE. 1	NNE 1	NNE. 1	4.2	8	7	10	8	3.9	....	....
12	32.1	31.6	33.0	32.22	+ 5.04	31.5	33.0	SE. 0	SE. 0	SSE. 0	calme	1.9	9	9	10	10	0.0	....	....
13	32.4	31.6	32.9	32.55	+ 5.33	31.4	34.2	SE. 1	WSW. 0	NNE. 1	calme	1.1	3	3	9	6	4.1	....	....
14	35.7	35.4	36.1	35.48	+ 8.22	34.2	36.8	SSW. 1	WSW. 0	W. 1	calme	1.3	0	2	0	1	6.2	....	....
15	36.3	35.2	34 7	35.67	+ 8.37	34.4	37.2	SSE. 1	N. 0	SSE. 0	calme	1.5	2	3	0	2	3.7	....	....
16	34.0	33.0	31.9	33.22	+ 5.88	31.8	34.4	SE. 1	N. 0	SW. 0	calme	1.3	0	0	0	1	6.2	....	....
17	33.1	31.9	31.3	32.23	+ 4.86	31.0	33.4	S. 1	S. 0	ENE. 0	calme	1.5	8	9	10	9	0.0	0.3	1
18	29.7	28.5	28.5	29.32	+ 1.91	28.4	31.0	S. 1	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 2	16.8	10	7	5	9	0.0	....	. ..
19	29.1	31.1	33.3	30.72	+ 3.27	28.4	33.7	NNE. 3	N. 2	NE. 1	NE. 2	18.9	10	9	10	10	0.0	....	....
20	33.8	34.7	36.8	34.89	+ 7.41	33.4	37.6	NNW. 1	NE. 1	ENE. 1	NE. 1	9.5	10	10	10	10	0.0	...	....
21	39.3	40.1	40.2	**39.45**	**+11.93**	37.6	**40.5**	SSE. 1	SSW. 1	SE. 1	SSW. 1	2.2	10	10	10	10	0.0	. ..	....
22	38.9	36.4	33.7	36.85	+ 9.29	32.6	40.0	SE. 0	WNW. 0	ESE. 1	var.	3.0	10	10	10	10	0.0	....	....
23	29.3	27.3	24.9	27.80	+ 0.21	24.5	32.5	SE. 1	SSW. 0	SSW. 0	var.	2.3	10	10	10	10	0.0	....	....
24	22.0	20.7	21.8	21.72	- 5.90	19.9	23.8	N. 1	S. 0	S. 1	var.	2.9	10	5	10	8	2.1	1.0	1
25	29.2	31.7	36 1	31.32	+ 3.67	24.8	37.0	SW. 0	NE. 1	SSW. 0	var.	9.5	8	2	0	2	6.0	....	....
26	39.2	38.4	37.2	38.00	+10.32	36.7	39.6	SSW. 0	ESE. 0	NNE. 0	calme	0.5	8	1	0	2	6.7	....	.. .
27	33.4	30.2	28.3	31.59	+ 3.88	27.2	36.4	SE. 0	W. 1	SSW. 2	SSW. 1	7.1	1	9	10	7	3.9	....	....
28	17.1	12.8	15.2	16.84	-10.89	**12.0**	25.9	SSW. 2	SSW. 2	WSW. 1	SSW. 1	11.3	10	2	2	7	0 0	3.6	4
29	12.6	12.7	12.9	**12.81**	**-14.95**	**12.0**	14.2	S. 1	WSW. 1	SSW. 0	var.	3 4	10	7	2	6	2.9	....	....
30	15.5	16.7	19.9	16.68	-11.10	13.2	20.7	NW. 1	SE. 1	NNE. 2	NNE. 1	8.4	9	9	10	7	1.1	2.0	3
31	24.4	26.4	29.8	25.94	- 1.86	20.7	30.2	NNE. 4	NNE. 3	NNE. 4	NNE. 3	**31.9**	9	5	10	8	2.6	....	....
Mois	30.03	29.51	30.06	29.92	+ 1.96							5.99	7.3	6.5	6.7	7.0	67 0	70.8	41

GENÈVE — DÉCEMBRE 1913

Jour du mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 2.3	+ 2.8	+ 1.2	+ 1.96	- 0.29	- 0.5	+ 3.3	98	91	100	97	+12	88	100	9.5	+ 1.6	1510
2	- 1.0	1.5	+ 2.4	0.77	- 1.35	- 1.5	3.0	100	98	100	100	**+15**	98	100	9.2	+ 1.4	1510
3	+ 0.2	1.7	- 2.0	0.69	- 1.31	- 2.2	2.2	100	100	94	99	+14	82	100	9.0	+ 1.3	1497
4	7.0	10.0	+ 6.3	**7.28**	**+ 5.40**	0.0	10.3	61	68	80	73	-12	60	92	9.0	+ 1.4	1465
5	2.6	4.6	2.6	3.31	+ 1.55	+ 1.2	5.1	74	64	83	72	-13	52	90	8.8	+ 1.3	1500
6	4.7	6.8	5.0	5.01	+ 3.36	2.8	7.0	85	76	97	87	+ 2	76	98	8.2	+ 0.8	1475
7	5.9	7.4	5.4	6.12	+ 4.58	3.8	8.2	95	94	82	88	+ 3	72	98	—	—	1525
8	+ 1.2	3.8	+ 1.5	2.55	+ 1.12	+ 0.4	4.3	62	56	53	**62**	**-23**	51	74	6.3	- 0.9	1562
9	- 2.6	4.1	- 0.1	0.23	- 1.09	- 3.2	6.7	93	60	97	80	- 6	58	97	6.3	- 0.8	1572
10	+ 2.4	8.3	+ 6.6	4.81	+ 3.59	- 1.4	8.9	83	74	76	81	- 5	74	92	7.0	- 0.1	1535
11	4.5	8.3	7.0	6.40	+ 5.28	+ 3.3	10.6	87	68	76	78	- 8	66	88	7.5	+ 0.5	1557
12	5.2	7.0	5.4	5.87	+ 4.85	4.6	7.2	78	70	76	76	-10	65	85	8.2	+ 1.3	1595
13	+ 2.6	8.0	5.5	5.37	+ 4.44	+ 2.0	8.5	80	68	82	77	- 9	66	84	8.2	+ 1.4	1555
14	0.0	6.9	+ 0.4	2.43	+ 1.59	- 1.2	7.5	96	64	85	83	- 3	62	96	—	—	1530
15	- 2.5	4.6	0.0	0.34	- 0.41	- 3.3	5.8	90	69	86	84	- 2	68	95	7.8	+ 1.2	1510
16	- 2.4	4.9	- 0.4	0.56	- 0.11	- 3.2	6.5	93	69	92	84	- 2	68	96	7.8	+ 1.3	1540
17	- 0.1	3.8	+ 1.7	1.47	+ 0.88	- 2.3	5.8	87	81	88	83	- 3	72	92	7.8	+ 1.3	1482
18	+ 0.6	4.5	+ 3.1	2.11	+ 1.60	- 0.8	4.6	89	73	77	82	- 4	72	90	7.5	+ 1.1	1510
19	+ 1.3	+ 1.2	0.0	+ 1.02	+ 0.58	- 0.5	+ 3.3	75	76	88	81	- 5	73	93	7.0	+ 0.7	1485
20	- 0.8	- 0.1	- 0.7	- 0.51	- 0.88	- 2.8	- 0.1	96	97	92	92	+ 6	77	97	7.0	+ 0.8	1515
21	- 2.0	- 0.4	- 1.0	- 1.19	- 1.49	- 2.8	- 0.3	92	90	93	91	+ 5	86	95	—	—	1435
22	- 2.4	- 0.9	- 2.8	- 1.92	- 2.16	- 4.3	- 0.8	96	96	96	95	+ 9	91	98	6.8	+ 0.7	1410
23	- 5.0	- 3.4	- 4.4	**- 4.10**	**- 4.28**	- 6.1	- 3.4	96	97	100	97	+11	93	100	6.8	+ 0.8	1395
24	- 2.1	+ 2.8	+ 5.4	+ 0.09	- 0.03	**- 8.0**	+ 6.3	98	77	69	85	- 1	60	99	6.8	+ 0.8	1395
25	+ 0.8	3.0	- 1.5	+ 1.31	+ 1.24	- 2.2	3.3	82	58	90	77	- 9	58	94	—	—	1370
26	- 4.2	1.8	- 2.0	- 1.90	- 1.92	- 5.7	4.8	91	67	84	83	- 3	66	93	6.7	+ 0.7	1350
27	0.0	10.6	+ 7.9	+ 4.24	+ 4.27	- 4.0	**11.3**	80	43	51	64	-22	**43**	90	6.5	+ 0.7	1340
28	+ 5.6	5.6	+ 2.4	+ 5.11	+ 5.18	+ 1.3	8.8	52	80	74	63	**-23**	50	81	—	—	1305
29	- 0.2	+ 4.6	- 2.0	+ 0.12	+ 0.23	- 3.5	+ 4.6	97	59	86	82	- 4	59	97	6.7	+ 1.1	1377
30	- 1.6	- 1.7	- 1.4	- 1.34	- 1.19	- 3.4	- 0.2	87	88	80	86	- 1	74	94	6.3	+ 0.7	1280
31	- 1.9	- 1.7	- 1.9	- 1.83	- 1.65	- 3.0	- 1.0	94	93	97	95	+ 8	92	99	—	—	1365
Mois	+ 0.58	+ 3.88	+ 1.60	+ 1.82	+ 1.02	- 1.50	+ 4.90	87	76	85	83	- 3			7.55	+ 0.94	1464

MOYENNES DE GENÈVE. — DÉCEMBRE 1913

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	30.27	30.13	30.28	30.62	29.73	29.63	29.84	30.14	30.08
2e »	32.75	32.54	32.74	33.30	32.43	32.45	32.94	33.15	32.79
3e »	27.65	27.37	27.35	27.54	26.67	26.54	26.87	27.28	27.18
Mois	30.14	29.93	30.03	30.39	29.51	29.45	29.79	30.09	29.92

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 2.34	+ 2.22	+ 2.27	+ 3.70	+ 5.10	+ 4.43	+ 3.43	+ 2.70	+ 3.27
2e »	+ 1.71	+ 0.83	+ 0.84	+ 2.50	4.91	4.40	2.86	+ 2.00	+ 2.51
3e »	- 1.14	- 1.75	- 1.18	- 0.05	1.85	1.25	0.66	- 0.59	- 0.13
Mois	+ 0.90	+ 0.36	+ 0.58	+ 1.98	+ 3.88	+ 3.29	+ 2.26	+ 1.31	+ 1.82

Fraction de saturation en %.

1re décade	87	87	85	82	78	80	84	87	84
2e »	86	87	87	82	73	74	81	85	82
3e »	87	88	88	83	77	80	79	86	83
Mois	86	87	87	83	76	78	81	86	83

Dans ce mois l'air a été calme 339 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{67}{43} = 1.56$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique	729.87
Nébulosité	6.8
Température $\frac{7+1+9}{3}$	+ 2°.02
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$	+ 1°.91
Fraction de saturation	83 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér.	(1836-1875)	727.96
Nébulosité	(1847-1875)	8.3
Hauteur de pluie	(1826-1875)	51mm.0
Nombre de jours de pluie	(id.)	9
Température moyenne	(id.)	+ 0°.80
Fraction de saturat.	(1849-1875)	86 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBESY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	83.4	75.0	66.7	61.7	59.3	76.4	52.9

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	58.9	70.8	54.0	45.7	46.5	52.2

Insolation à Jussy : 48.5 h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE DÉCEMBRE 1913

Le 4, forte bise le matin ; neige le soir.
les 5, 6 et 7, neige matin et soir.
le 5, très forte bise le matin.
7, violente bise le soir.
les 8 et 9, forte bise le matin.
le 10, brouillard le matin ; violente bise et neige le soir.
11, violente bise le matin.
13, brouillard et neige le soir.
15, violente bise le matin.
17, neige le soir.
19, forte bise et neige le matin ; brouillard le soir.
20, fort vent.
25, forte bise et neige.
28, fort vent le matin ; neige le soir.
29, violente bise et neige.
30, violente bise.
31, brouillard le matin.

GRAND SAINT-BERNARD — DÉCEMBRE 1913

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	71.4	70 3	69.2	70.3	+ 8.3	68.4	71.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	0	0	0	....	....
2	67.8	67.9	69.2	68.3	+ 6.3	67.8	69.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
3	69.0	68.8	67.4	68.4	+ 6.5	65.6	69.1	NE. 1	NE. 0	SW. 1	var.	1	0	0	0	....	....
4	63.6	62.2	61.7	62.5	+ 0.6	61.5	65.6	NE. 3	SW. 1	SW. 2	var.	0	10	10	7	11.5	16
5	61.3	60.5	60.4	60.7	- 1.2	60.0	61.5	NE. 4	NE. 3	SW. 1	NE. 3	10	10	10	10	34.7	47
6	59.0	57.5	56.4	57.6	- 4.3	56.4	60.0	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	**35.9**	**48**
7	57.0	58.8	61.4	59.1	- 2.7	56.8	62.1	NE. 3	NE. 5	NE. 5	NE. 4	10	10	10	10	8.3	6
8	63.6	65.5	67.9	65.7	+ 3.9	62.1	68.2	NE. 3	NE. 1	NE. 2	NE. 2	0	0	0	0	....	....
9	68.9	69.5	69.2	69.2	+ 7.4	68.2	69.5	NE. 4	NE. 1	NE. 2	NE. 2	0	0	0	0	....	....
10	66.5	65.6	64 9	65.7	+ 3.9	64.4	68.0	NE. 1	NE. 3	NE. 5	NE. 3	10	10	10	10	12.2	10
11	63.9	65.1	66.2	65.1	+ 3.4	63.9	66.2	NE. 5	NE. 2	NE. 2	NE. 3	10	1	0	4	....	....
12	66.2	66.2	67.1	66.5	+ 4.8	66 2	67.1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
13	66.0	65.6	65.8	65.8	+ 4.1	65.5	66.7	NE. 0	NE. 1	NE. 3	NE. 1	1	10	10	7	....	....
14	66.6	67.6	68.1	67.4	+ 5.7	66.6	68.1	NE. 3	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	1	0	4	....	....
15	66.0	67.8	68 3	67.4	+ 5.7	66.0	68.3	NE. 5	NE. 2	NE. 1	NE. 3	10	4	1	5	....	....
16	67.2	67.8	67.0	67.3	+ 5.7	66.8	67.8	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	0	0	0	....	....
17	66.7	64.0	63.5	64.7	+ 3.1	63.0	66.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	2	10	4	8.1	10
18	62.2	61.6	61.5	61.8	+ 0.2	61.5	63 0	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	10	0	0	3	....	....
19	61 9	63.8	66.3	64.0	+ 2.4	61.6	66.8	NE. 3	SW. 3	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	....	....
20	67.3	68.4	70.2	68.6	+ 7.0	66 8	70.7	SW. 4	SW. 3	SW. 2	SW. 3	0	2	0	1	....	....
21	71.2	71.6	71 9	**71.6**	+ **10.0**	70.7	**71.9**	SW. 1	SW. 0	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
22	71.0	70.2	67.9	69.7	+ 8.1	66.8	71.5	NE. 0	NE. 0	SW. 1	calme	0	1	0	0	....	....
23	64.3	62.8	60.8	62.6	+ 1.1	59.7	66.4	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
24	58.1	57.0	57.0	57.4	- 4.1	57.0	59.2	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
25	59.3	61.2	65.5	62.0	+ 0.5	58.1	66.9	NE. 3	NE. 3	NE. 2	NE. 3	9	1	1	5	4.0	8
26	68.0	69.4	70.1	69.2	+ 7.7	66.9	70.1	NE. 3	NE. 0	NE. 1	NE. 1	5	1	0	2	....	....
27	68.2	66.4	63.8	66.1	+ 4 6	62.2	69.3	SW. 1	SW. 1	SW. 0	SW. 1	1	1	0	1	....	....
28	56.4	57.4	51.3	55.1	- 6.3	49 7	62.2	SW. 3	SW. 4	NE. 3	SW. 3	10	10	10	10	10.1	23
29	46.2	44.9	44.9	**45.3**	- **16.1**	**44.9**	49.7	NE. 5	NE. 4	NE. 3	NE. 4	10	10	10	10	8.4	18
30	46.1	47.1	49.9	47.7	- 13.7	45.5	51.8	NE. 5	NE. 5	NE. 4	NE. 5	10	3	9	7	....	....
31	53.5	55.0	57.8	55 4	- 6.0	51.8	58.3	NE. 3	NE. 1	NE. 1	NE. 2	10	0	0	3	....	....
Mois	63.37	63.47	63.63	63.49	+ 1.17							4.8	3.4	3.7	4.0	133.2	186

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	0.0	+ 2.0	- 0.3	+ **0.6**	+ **7.3**	- 1.1	+ **2.7**	39	36	40	38	34	46
2	- 3.2	- 2.8	- 0.2	- 2.1	+ 4.7	- 4.9	- 0.1	53	51	64	56	33	66
3	+ 0.3	+ 1.6	- 1.8	0.0	+ 6.9	- 2.1	+ **2.7**	27	32	40	33	24	52
4	- 7.9	- 5.5	- 9.5	- 7.6	- 0.6	- 10.0	- 1.8	85	90	95	90	46	97
5	- 13.2	- 11.2	- 10.1	- 11.5	- 4.5	- 14.0	- 10.1	89	90	90	90	81	94
6	- 7.2	- 3.5	- 3.8	- 4.8	+ 2.3	- 10.5	- 3.5	90	90	96	92	88	98
7	- 4.3	- 3.4	- 6.4	- 4.7	+ 2.5	- 7.0	- 3.4	97	96	96	96	93	98
8	- 10.4	- 5.9	- 5.7	- 7.3	0.0	- 11.3	- 5.3	95	23	35	51	20	96
9	- 5.2	- 2.8	- 4.2	- 4.1	+ 3.3	- 7.0	- 1.8	75	78	66	73	39	78
10	- 5.4	- 3.6	- 5.8	- 4.9	+ 2.5	- 6.3	- 2.3	100	100	100	100	66	100
11	- 3.8	- 3.6	- 4.6	- 4.0	+ 3.5	- 6.5	- 2.8	100	82	66	83	57	100
12	- 5.3	- 4.1	- 3.8	- 4.4	+ 3.2	- 6.0	- 2.8	69	67	31	56	28	72
13	- 5.7	- 4.9	- 6.6	- 5.7	+ 1.9	- 8.0	- 1.8	44	99	100	81	32	100
14	- 11.1	- 8.3	- 8.5	- 9.3	- 1.6	- 12.0	- 7.7	97	41	39	59	27	98
15	- 7.2	- 5.2	- 6.4	- 6.3	+ 1.5	- 11.5	- 5.2	90	88	88	89	46	92
16	- 4.1	- 3.5	- 5.6	- 4.4	+ 3.4	- 7.0	- 3.3	84	82	72	79	65	87
17	- 11.6	- 8.8	- 9.6	- 10.0	- 2.1	- 12.2	- 5.3	90	73	100	88	70	100
18	- 11.2	- 10.1	- 11.0	- 10.8	- 2.8	- 12.9	- 10.0	100	100	78	93	61	100
19	- 11.3	- 11.1	- 13.2	- 11.9	- 3.9	- 13.2	- 10.8	96	99	100	98	87	100
20	- 9.7	- 7.6	- 7.6	- 8.3	- 0.2	- 13.0	- 7.6	100	78	99	92	74	100
21	- 7.8	- 5.4	- 6.8	- 6.7	+ 1.4	- 8.9	- 5.2	97	66	32	65	27	98
22	- 4.7	- 3.1	- 4.8	- 4.2	+ 4.0	- 7.5	- 3.1	15	19	21	**18**	13	23
23	- 6.8	- 2.7	- 6.8	- 5.4	+ 2.8	- 8.0	- 2.7	26	13	21	20	11	26
24	- 6.2	- 3.4	- 7.0	- 5.5	+ 2.8	- 7.9	- 2.9	19	12	67	33	**10**	80
25	- 14.3	- 14.8	- 14.2	- 14.4	- 6.1	- 16.0	- 7.8	100	91	60	84	41	100
26	- 11.4	- 5.6	- 5.0	- 7.3	+ 1.1	- 15.3	- 5.0	61	52	27	47	24	71
27	- 1.2	- 2.6	- 5.5	- 3.1	+ 5.3	- 6.1	- 1.0	22	29	33	28	20	38
28	- 4.2	- 7.1	- 10.7	- 7.3	+ 1.1	- 11.2	- 4.2	28	89	88	68	25	90
29	- 13.5	- 12.7	- 16.3	- 14.2	- 5.7	- 17.5	- 10.8	86	85	81	84	77	89
30	- 18.2	- 17.3	- 18.5	- 18.0	- 9.5	- 20.0	- 17.3	82	83	82	82	80	87
31	- 19.8	- 18.0	- 20.1	- **19.3**	- **10.7**	- **21.5**	- 18.0	88	89	85	87	82	90
Mois	- 7.92	- 6.29	- 7.75	- 7.32	+ 0.27	- 10.21	- 5.10	72	69	67	69		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1913

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500mm				Fraction de saturation en %			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	64 81	64.66	64.77	64.75	75	69	72	72
2e »	65 40	65.79	66.40	65 86	87	81	77	82
3e »	60.21	60.27	60.08	60.19	57	57	54	56
Mois	63.37	63.47	63.63	63.49	72	69	67	69

Température.

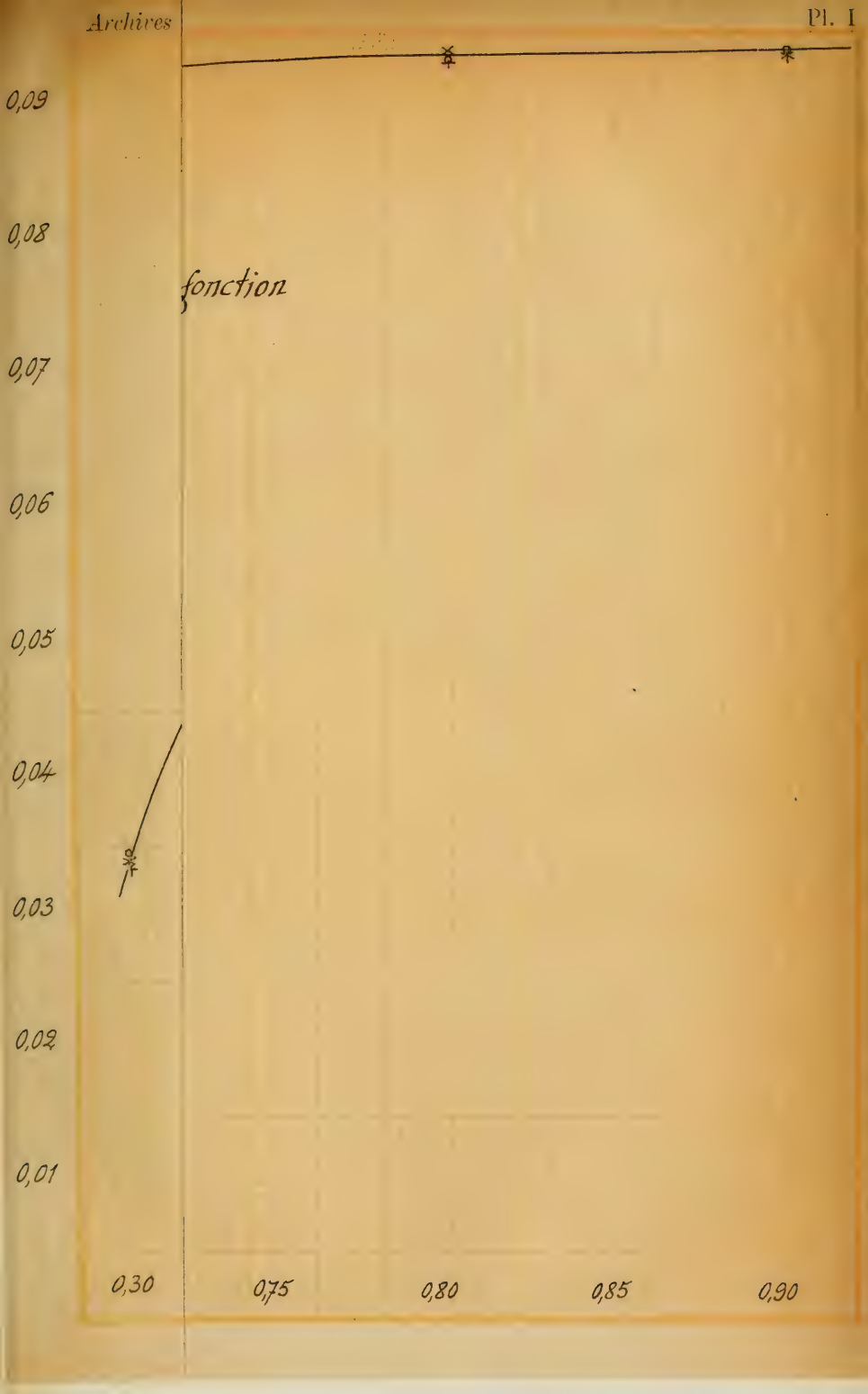
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\ 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 5.65	— 3.51	— 4.78	— 4.65	— 4.68
2e »	— 8.10	— 6.72	— 7.69	— 7.50	— 7.55
3e »	— 9.83	— 8.43	— 10.52	— 9.59	— 9.82
Mois	— 7.92	— 6.29	— 7.75	— 7.32	— 7.43

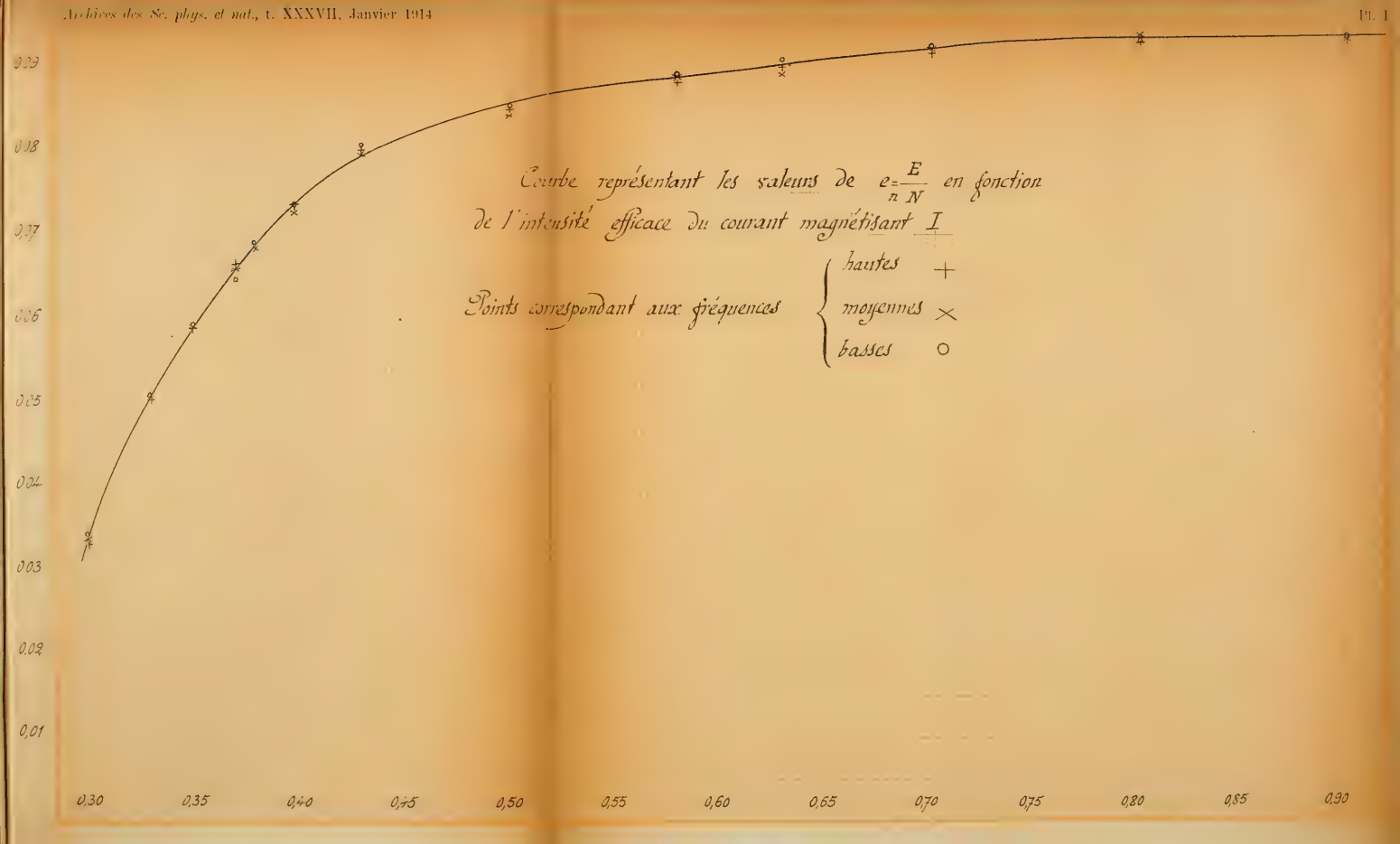
Dans ce mois l'air a été calme 86 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{146}{35} = 4.17$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

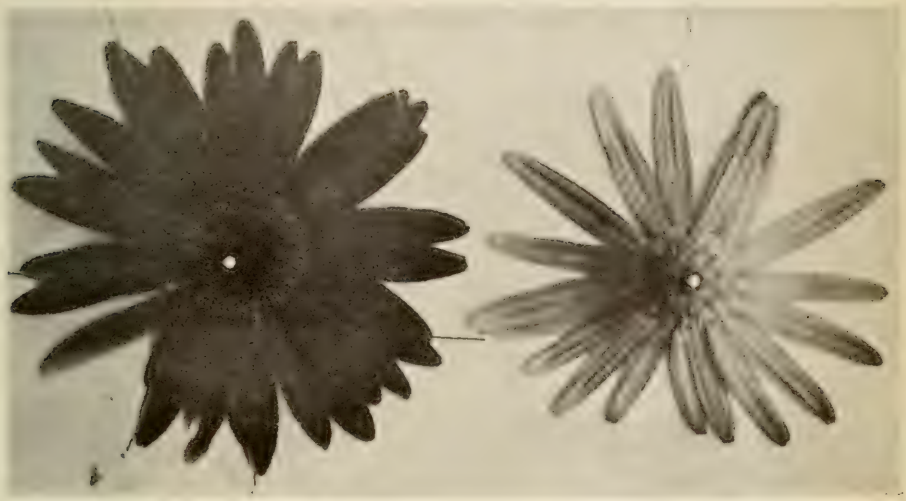
Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	41.1	42.1	35.1	133.2
Neige en centimètres.. .	1	5	36	186


0,09
0,08
fonction
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0,30
0,75
0,80
0,85
0,90

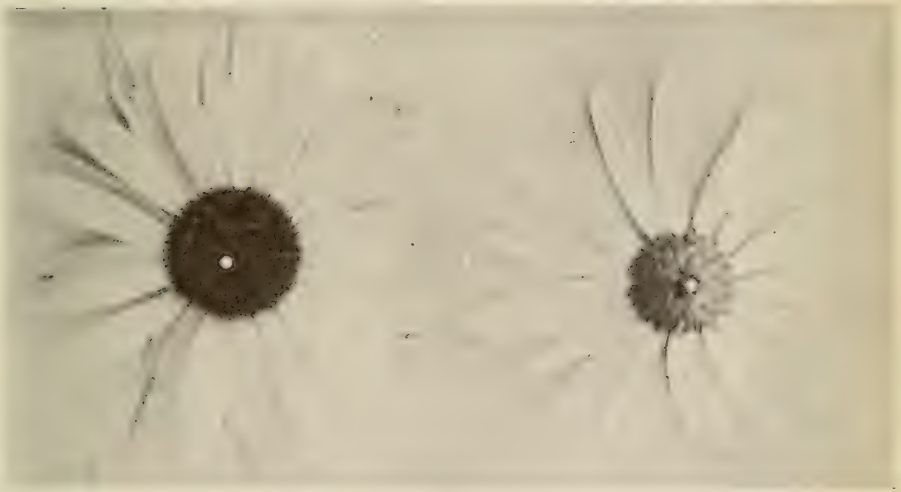

0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0,30
0,35
0,40
0,45
0,50
0,55
0,60
0,65
0,70
0,75
0,80
0,85
0,90
Courbe représentant les valeurs de $e = \frac{E}{n\,N}$ en fonction de l'intensité efficace du courant magnétisant I
Points correspondant aux fréquences
hautes +
moyennes ×
basses ○

Fleur ultra-violette, *Cucurbita Pepo*. Fleurs mâle et femelle.
Intérieur et extérieur de la corolle. — Photo faite en lumière ultra-violette.

Mêmes fleurs photographiées en lumière visible.



Fleur normale (noire en lumière ultra-violette). *Chrysanthème blanc*. Faces supérieure et inférieure de la corolle. — Photo faite en lumière ultra-violette.



Même fleur photographiée en lumière visible.

Contraste entre un groupe de fleurs normales (noires en lumière ultra-violette) et deux fleurs ultra-violette. — Photo faite en lumière ultra-violette.

Même sujet photographié
en lumière visible.

SUR LA NATURE

DU

CHAMP MOLÉCULAIRE

PAR

Pierre WEISS

I

1. *L'hypothèse du champ moléculaire*

J'ai imaginé, pour étendre aux corps ferromagnétiques la théorie cinétique du paramagnétisme de Langevin, un champ magnétique hypothétique régnant à l'intérieur de la substance. Ce champ moléculaire H_m a été supposé proportionnel à l'intensité d'aimantation I et dirigé comme elle

$$H_m = NI \,. \tag{1}$$

En réalité, cette hypothèse sous sa forme première était inutilement spécialisée. Il est commode de se représenter les actions mutuelles entre les molécules qui interviennent dans les phénomènes magnétiques comme étant elles-mêmes magnétiques. Mais cela n'est nullement nécessaire. Quelle que soit leur nature, les effets seront les mêmes, pourvu que l'énergie potentielle d'orientation soit celle qui est contenue implicitement dans l'équation (1). Je me propose dans le présent mémoire, de montrer que *ces actions mutuelles ne peuvent être ni magnétiques ni électrostatiques,* si l'on entend par là qu'elles obéissent à la loi de Coulomb sans dégénérer aux distances moléculaires [1].

[1] Voir Pierre Weiss, *J. de Phys.*, 1911, 5e série, t. I, p. 903 (note).

2. *Les faits que l'hypothèse du champ moléculaire permet d'interpréter*

L'hypothèse du champ moléculaire s'est montrée féconde. Tout d'abord, ce champ, ajouté au champ magnétique extérieur, permet d'obtenir par les seules lois du paramagnétisme la forte aimantation des ferromagnétiques. Cette manière d'être n'est pas sans analogie avec les propriétés des fluides, traduites par la théorie de van der Waals, où la grande densité des liquides se déduit des propriétés des gaz au moyen de la pression intérieure qui vient s'ajouter à la pression extérieure. De même qu'un liquide peut exister sous une pression extérieure nulle, et même négative, c'est-à-dire sous la seule pression intérieure, un corps ferromagnétique peut être fortement aimanté par le seul champ moléculaire, en l'absence de tout champ extérieur. C'est ce que j'ai appelé l'*aimantation spontanée.* Le fer, le nickel à la température ordinaire sont toujours dans cet état d'aimantation spontanée. Seulement, comme la direction de l'aimantation est livrée au hasard, dans un échantillon de quelque peu d'étendue toutes les directions sont également représentées et la matière paraît neutre. Pour mettre l'aimantation en évidence, il faut l'orienter parallèlement au moyen d'un champ extérieur. Et comme, en général, les champs dont nous disposons ne peuvent qu'agir sur la direction de l'aimantation sans modifier d'une manière appréciable sa grandeur, l'aimantation spontanée est très voisine de ce que l'on appelle communément l'*aimantation à saturation.*

Le champ moléculaire a donné, pour la première fois, une déduction théorique de la loi de variation thermique de l'aimantation à saturation. Pour faire la comparaison avec l'expérience, on dispose de six substances actuellement bien étudiées : le fer, le nickel, le cobalt, la magnétite, la pyrrhotine et l'alliage limite Fe^2Ni. ([1]

[1] Fer : Curie, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 1895, 7e série, t. V, p. 289 ; Hegg, *Thèse*, Zurich, 1910. — Nickel : Bloch, *Thèse*, Zurich, 1912, et Weiss, expériences inédites. — Cobalt : Bloch, *loc. cit.* — Magnétite : Weiss, *J. de Phys.*, 1907, 4e série, t. VI, p. 661. — Pyrrhotine : Weiss, expériences inédites. — Fe^2Ni : Hegg, *loc. cit.*

Pour les trois premières, la variation thermique ressemble qualitativement à la loi théorique, et déjà cette similitude d'aspect n'est pas sans intérêt, puisque auparavant toute explication du phénomène faisait défaut. Mais, quantitativement, il y a un écart systématique : la variation aux basses températures est notablement plus faible que ce que donne la théorie.

Les trois dernières substances au contraire répondent exactement à la théorie dans les intervalles étendus dans lesquels elles ne présentent pas de changement d'état. L'alliage Fe^2Ni suit la théorie dans tout l'intervalle des observations, de la température de l'air liquide au point de Curie ; la magnétite dans la plus grande partie de cet intervalle, depuis la température ordinaire jusqu'au point de Curie ; enfin, pour la pyrrhotine, l'accord est encore très bon dans des intervalles notables, brusquement limités par des changements d'état qu'il est impossible de méconnaître.

La notion de champ moléculaire conduit aussi à une loi aisément vérifiable pour l'aimantation des ferromagnétiques au-dessus du point de Curie. En appelant :

χ le coefficient d'aimantation spécifique,
Θ le point de Curie,
T la température de l'observation,
C la constante de Curie,
on a

$$T - \Theta = \frac{C}{\chi}; \tag{2}$$

l'inverse du coefficient d'aimantation doit donc être représenté en fonction de la température par une ligne droite. Cette conséquence a été vérifiée par toutes les nombreuses substances ferromagnétiques, métaux et alliages, étudiées jusqu'à présent au-dessus du point de Curie[1] avec deux exceptions seulement : la pyrrhotine et le fer γ.

On obtient des droites s'étendant souvent à des intervalles

[1] *Voir* notamment : Weiss et Foëx, *J. de Phys.*, 1911, 5e série, t. I, p. 275, 744, 805; *Arch. Sc. phys. et nat.*, 1911, 4e série, t. XXXI, p. 4, 89. — Bloch, *loc. cit.* — Preuss, *Thèse*, Zurich, 1912. — Renker, *Thèse*, Zurich, 1913.

de plusieurs centaines de degrés, se raccordant, quand elles sont interrompues par des changements d'état, à de nouvelles droites, soit brusquement, soit par des régions de transition en général peu étendues. Quant aux deux exceptions, les expériences récentes de Honda et Takagi [1] d'une part, de Renker de l'autre sur le fer γ, celles de Weiss et Foëx [2] sur la pyrrhotine, ont montré que le coefficient d'aimantation de ces substances tend à devenir indépendant de la température. Ces substances rentrent donc dans la catégorie, assez nombreuse parmi les *corps simples* faiblement magnétiques, des matières à coefficient d'aimantation indépendant de la température [3] qui sont actuellement en dehors de toute théorie.

En remplaçant le coefficient unique du champ moléculaire des corps isotropes, ou cristallisés dans le système cubique, par trois coefficients différents dans les trois directions principales, j'ai pu reproduire avec exactitude les propriétés magnéto-cristallines de la pyrrhotine, si caractéristiques avec le plan magnétique, la direction de facile aimantation, les champs magnétiques internes, démagnétisants en apparence, et la variété des aspects qui s'y rattachent [4].

Enfin la théorie du champ moléculaire a permis de reconnaître que l'anomalie thermique au point de Curie est, non une chaleur de transformation se dégageant à une température déterminée, comme cela était généralement admis, mais une discontinuité de la chaleur spécifique vraie [5]. L'expérience a vérifié ces conclusions, non seulement en montrant que la courbe des chaleurs spécifiques avait la physionomie prévue, mais encore en donnant pour la grandeur de la discontinuité des chaleurs spécifiques une valeur sensiblement égale à celle que l'on pouvait calculer à partir des données magnétiques.

Des expériences récentes ont montré que le champ moléculaire n'est pas un phénomène aussi exceptionnel qu'il pouvait

[1] Honda et Takagi, *Tôhoku Science Reports*, 1903, t. I, p. 229.

[2] Weiss et Foëx, *loc. cit.* — Renker, *loc. cit.*

[3] Honda, *Ann. der Phys.*, 1910, t. XXXVII, p. 1003. — Owen, *Ann. der Phys.*, 1912, t. XXXVII, p. 657.

[4] P. Weiss, *J. de Phys.*, 1907, 4e série, t. VI, p. 667.

[5] Weiss et Beck, *J. de Phys.*, 1908, 4e série, t. VII, p. 249.

paraître d'après le petit nombre des substances ferromagnétiques. A cet égard les expériences de Kamerlingh Onnes et Perrier sur les mélanges d'oxygène et d'azote liquides, leurs expériences et celles de Kamerlingh Onnes et Oosterhuis [1] sur les paramagnétiques aux très basses températures sont très caractéristiques. On peut y ajouter des expériences inédites de Weiss et Foëx sur le paramagnétisme des substances cristallisées, celles de Foëx sur les dissolutions salines concentrées. Ce n'est pas tant l'existence du champ moléculaire que son intensité exceptionnelle qui caractérise les ferromagnétiques.

En résumé, on peut dire que la théorie du champ moléculaire est abondamment confirmée par les faits. Pour plusieurs substances, elle donne une image fidèle de toutes leurs propriétés magnétiques; pour certaines autres, elle ne reproduit que leur physionomie générale. Il semble que pour ces dernières l'hypothèse ait été formulée d'une manière trop particulière, et la première idée qui se présente est que la formule (1) doive être remplacée par le développement

$$H_m = N_1 I + N_3 I^3 + \ldots$$

Cette question sera examinée ailleurs [1]. Je me propose ici de faire la critique de l'hypothèse dans les cas où elle représente exactement les faits.

Ce qui frappe avant tout, c'est l'*énorme grandeur* du champ moléculaire.

La constante N est donnée par la relation

$$\text{(3)} \qquad CND = \Theta ,$$

où C est la constante de Curie et D la densité. Je vais m'en servir pour trouver le champ moléculaire dans les deux cas où le calcul peut se faire avec une certaine précision.

Magnétite. — On a

$$\Theta = 581 + 273 = 854^\circ ,$$
$$C = 0{,}00445 \ (^3) .$$

[1] Kamerlingh Onnes et Perrier, *Arch. des Sc. phys. et nat.* (4) sept. 1913. — Kamerlingh Omnes et Oosterhuis, *Comm. Leiden*, 129 et 132; 1913.

[2] Voir aussi, pour une autre tentative d'explication, Oosterhuis, *Comm. Leiden*, Suppl. 31. 1913, et Keesom, *Comm. Leiden*, Suppl. 32, 1913.

[3] Weiss et Foëx, *loc. cit.*

Il en résulte

$$ND = 192000 .$$

L'aimantation spécifique à la température ordinaire est

$$\frac{I}{D} = 90,7 \text{ [1]},$$

d'où

$$H_m = ND \frac{I}{D} = 17400000 .$$

Alliage limite Fe^2Ni. — On a

$$\Theta = 600^\circ , \quad C = 0,0267 ,$$

d'où

$$ND = 22500 .$$

La saturation spécifique, interpolée d'après les courbes de Hegg pour la composition exacte et la température ordinaire, est

$$\frac{I}{D} = 135 ;$$

par conséquent,

$$H_m = 3030000 .$$

3. *Impossibilité de réaliser le champ moléculaire au moyen de molécules douées d'un moment magnétique.*

Si l'on suppose que chaque molécule est un petit aimant, on peut, au moyen des théorèmes généraux du magnétisme, se faire dans une certaine mesure une image de la distribution du champ qui en résulte. Considérons, en effet (fig. 1), une substance possédant une certaine intensité d'aimantation I, produite par exemple au moyen d'un champ H dont l'origine est extérieure à la substance. Le théorème de l'intégrale du champ suivant un contour fermé apprend que la valeur moyenne du champ moléculaire est nulle le long d'une parallèle à la direction de l'aimantation. Donc ce champ ne peut être que non uniforme, les régions positives alternant avec les régions négatives. Si, au contraire, on décrit une

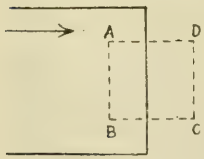


Fig. 1

[1] Weiss, *J. de Phys.*, 1910, 4e série, t. IX, p. 373.

surface fermée ABCD, dont la partie AB, intérieure à la substance, passe entre les aimants élémentaires sans les couper, le théorème de la continuité du flux montre que la valeur moyenne du champ moléculaire en AB est égale à $4\pi I$.

On peut appliquer au magnétisme les considérations par lesquelles H.-A. Lorentz déduit, pour le champ électrostatique régnant dans un diélectrique à la place occupée par une molécule, la valeur $\frac{4}{3}\pi P$, où P est la polarisation, c'est-à-dire le moment électrostatique par unité de volume. Ces considérations reviennent à admettre que l'on peut décrire une sphère à l'intérieur de laquelle se trouve une seule molécule, et à l'extérieur de laquelle toutes les autres molécules jouent, par un effet de moyenne, le même rôle qu'une substance homogène. On serait donc conduit à admettre de même, pour le champ moléculaire magnétique, le cœfffcient $\frac{4}{3}\pi$. On pourrait imaginer des variantes de cette théorie qui modifieraient la valeur numérique de ce coefficient sans en changer l'ordre de grandeur.

On trouve donc, par la théorie de Lorentz, un champ moyen qui est intermédiaire entre les deux moyennes que nous avons rencontrées ci-dessus.

On voit combien on est loin de ce que donne l'expérience pour le champ moléculaire. Non seulement, quand on passe du nickel au cobalt, par exemple, le coefficient varie notablement mais son énorme grandeur :

Pour le nickel	N = 14000
— cobalt	N = 8650

montre qu'il ne saurait être obtenu par les mêmes moyens que le coefficient de Lorentz.

Cherchons cependant à donner aux pôles agissant les uns sur les autres des distances suffisamment petites pour qu'il en résulte le champ moléculaire observé.

Prenons un aimant moléculaire de 11 magnétons, comme celui de l'atome de fer et supposons à cet aimant une longueur égale au diamètre $0{,}2.10^{-7}$ de l'atome, limite supérieure qui doit être sensiblement atteinte, si l'on veut que les pôles soient

très voisins. Soit μ la grandeur de l'un de ces pôles; la valeur du magnéton étant $16{,}4.10^{-22}$, on a

$$\mu 0{,}2.10^{-7} = 11.16{,}4.10^{-22},$$
$$\mu = 0{,}9.10^{-12}.$$

Soit r la distance à ce pôle où le champ est égal au champ moléculaire, voisin de 7.10^6 gauss :

$$\frac{\mu}{r^2} = \frac{0{,}9.10^{-12}}{r^2} = 7.10^6,$$
$$r = 3{,}6.10^{-10},$$

autant dire le contact. On ne voit pas comment le maintien d'aussi petites distances peut être compatible avec l'agitation thermique d'orientation.

Examinons maintenant le cas d'un électron tournant autour d'un atome de fer de $0.2.10^{-7}$ de diamètre avec une fréquence ultraviolette de 10^{15}. La charge de l'électron étant $1{,}6.10^{-20}$, son moment magnétique sera

$$= 1{,}6.10^{-20}.10^{15}, \pi.10^{-16},$$
$$= 5.10^{-21},$$

c'est-à-dire d'environ 3 magnétons, ce qui paraît acceptable. Le champ au centre de la trajectoire circulaire sera

$$H = \frac{2\pi.1{,}6.10^{-20}.10^{15}}{0{,}1.10^{-7}} = 10^4.$$

Il ne semble donc pas possible d'obtenir ainsi un champ de la grandeur voulue, à moins de faire circuler les électrons appartenant à des atomes différents dans le voisinage immédiat l'un de l'autre. Mais alors, indépendamment de l'invraisemblance d'une semblable disposition, on retomberait dans les mêmes difficultés relatives à l'agitation thermique.

4. *Données nouvelles empruntées à l'étude des alliages des métaux ferromagnétiques.*

Parmi les alliages étudiés jusqu'à présent [1], deux cas se sont présentés (fig. 2) : ou bien les constantes du champ moléculaire

[1] Ferronickels : Weiss et Foëx, *loc. cit.* — Nickel-cobalt : Bloch, *loc. cit.* — Fer-cobalt : Preuss, *loc. cit.*

varient suivant des lois représentées par des lignes à courbure nettement accentuée, ou bien leur variation est exactement linéaire en fonction de la teneur. Ce dernier cas se rencontre, par exemple, dans la série des ferronickels réversibles entre Fe^2Ni et Ni, dans les ferrocobalts à l'état γ dans l'inter-

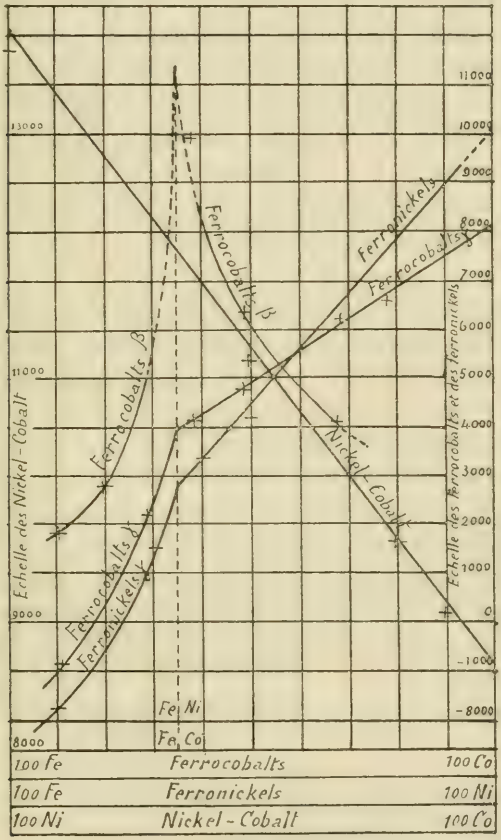


Fig. 2

valle de Fe^2Co à Co et dans la série entière des nickel-cobalt de Ni à Co. Par contre, on trouve une variation nettement curviligne pour les ferronickels de Fe à Fe^2Ni dans la région γ, pour les ferrocobalts β et γ entre Fe et Fe^2Co, pour les ferrocobalts β entre Fe^2Co et Co. Aucune hésitation n'est possible entre les deux cas.

Le cas de la variation linéaire semble être celui de l'alliage composé d'une seule phase, d'une seule solution solide, sans complications provenant de changements d'état. Cette supposition est suggérée notamment par le fait que la série nickel-cobalt est un cas particulièrement typique de solubilité complète à l'état solide. Cette solubilité réciproque illimitée des deux composants résulte du diagramme de fusion, déterminé par Guertler et Tammann. Elle est appuyée par la variation linéaire de la constante de Curie et par la parfaite continuité des propriétés ferromagnétiques au-dessous du point de Curie. Quoi qu'il en soit, nous ne considérerons dans ce qui suit que le cas de la variation linéaire. On peut imaginer que l'un des métaux, au lieu d'être ferromagnétique, soit para- ou diamagnétique [1].

La constante du champ moléculaire est alors nulle pour ce métal. Il faut donc, si la loi linéaire persiste, que cette constante soit proportionnelle à la quantité de l'autre métal contenue dans l'unité de masse de l'alliage. Mais comme, pour les alliages examinés, la densité globale varie dans des limites peu étendues, on peut aussi bien admettre, au degré de précision de l'expérience, que le coefficient N est proportionnel à la densité dans l'alliage de celui des métaux qui est ferromagnétique. L'autre composant joue donc uniquement le rôle de diluant. En espaçant les molécules du métal ferromagnétique, il permet d'étudier le champ moléculaire pour toutes les densités de celui-ci supposé seul.

Remarquons ce que ce résultat a d'imprévu.

Soient :

σ l'aimantation spécifique de la substance,
E sa densité et, par conséquent,
σ D l'intensité d'aimantation.

L'équation (I) de définition du champ moléculaire devient

$$H_m = N\sigma D .$$

[1] Pour réaliser ce cas particulier, une série de mesures a été entreprise sur les nickel-cuivre.

Exprimons la proportionnalité du coefficient N avec la densité par

$$N = N_1 D ;$$

on aura alors

$$H_m = N_1 \sigma D^2 .$$

Pour des aimants moléculaires donnés et agités d'une manière donnée par le mouvement thermique, σ a une valeur déterminée, indépendante de la densité. *Le champ moléculaire est donc proportionnel au carré de la densité.*

On pourrait dire aussi : Sur l'intensité d'aimantation

$$I = \sigma D ,$$

l'accroissement de l'un ou de l'autre des deux facteurs σ et D agit de la même façon. Par contre, pour trouver la variation corrélative du champ moléculaire, il faut savoir si une variation de I provient d'une variation de σ ou d'une variation de D. Dans le premier cas, elle intervient à la première puissance ; dans le second, au carré.

5. *Recherche de la loi élémentaire*

Soit Ox (fig. 3) la direction de l'aimantation. Supposons que l'aimant sur lequel s'exerce le champ moléculaire se trouve en O et en P l'un des aimants avoisinants qui le produit. La loi du champ moléculaire exprime que des deux composantes parallèle et perpendiculaire à Ox, dans lesquelles on peut décomposer le moment magnétique de l'aimant situé en P, c'est la première seule qui intervient efficacement. La composante perpendiculaire d'un aimant élémentaire déterminé doit en général produire un effet différent de zéro, mais qui disparaît dans la sommation étendue à tous les aimants contenus dans la sphère d'action du point O. En appelant μ le moment magnétique de l'aimant en P, α son angle avec Ox, sa contribution au champ moléculaire en O pourra donc s'écrire

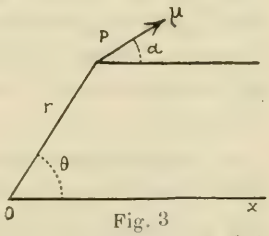


Fig. 3

$$\Delta H_m = \mu \cos \alpha \Sigma \varphi(r, \theta) .$$

Par suite de l'agitation thermique, α varie constamment. On devra entendre par $\mu \cos \alpha$ la valeur moyenne de cette quantité. Elle est la même pour tous les aimants et, multipliée par le nombre des aimants dans l'unité de masse, donne l'aimantation spécifique. $\varphi(r, \theta)$ est une fonction inconnue de r et θ.

On aura donc

$$H_m = \mu \cos \alpha \Sigma \varphi(r, \theta) , \tag{5}$$

la somme étant étendue à toutes les molécules dans la sphère d'action du point O.

Supposons ensuite que l'on amplifie toutes les dimensions linéaires dans le rapport λ en prenant O comme centre d'homothétie et en conservant aux moments μ leur valeur ; (5) devient alors

$$H'_m = \mu \cos \alpha \Sigma \varphi(\lambda r, \theta) .$$

La densité étant devenue λ^3 fois plus faible, on a aussi

$$H'_m = H_m \lambda^{-6} ,$$

d'où

$$H_m \lambda^{-6} = \mu \cos \alpha \Sigma \varphi(\lambda r, \theta) ,$$

équation qui exprime que la fonction sous le signe Σ est une fonction homogène et du degré -6 des distances.

Il faut donc que dans le développement du terme sous le signe Σ, suivant les puissances de r, ou bien les autres puissances n'existent pas ou qu'elles s'annulent dans la sommation. Il en résulte donc que, parmi les actions à distance qui émanent d'une molécule, celle qui produit le champ moléculaire est inversement proportionnelle à la sixième puissance de la distance.

Le raisonnement suppose que cette action émane d'un centre situé dans la molécule et non de divers points (des pôles) situés à des distances finies les uns des autres dans la molécule. Cette hypothèse a été introduite implicitement en écrivant l'équation (5) qui ne contient que la position et l'orientation de la molécule et ne mentionne aucune de ses dimensions.

(A suivre)

INDÉPENDANCE

DE

L'HYSTÉRÉSIS ALTERNATIVE

(fréquences élevées)

DE LA

Vitesse des variations du champ magnétisant

PAR

A. SCHIDLOF et Mlle A. ALBERT

Des recherches récentes faites par l'un de nous en collaboration avec Mlle C. Chamié [1] ont montré que l'effet de la rapidité des variations du champ magnétisant sur l'hystérésis magnétique alternative est certainement très faible. Il fallait s'arrêter à cette conclusion provisoire, vu la précision insuffisante des observations, en se proposant toutefois de reprendre les mêmes recherches avec des moyens perfectionnés pour arriver à un résultat plus décisif.

Dans le présent travail on a utilisé la même méthode que dans les recherches précédentes, mais on a augmenté considérablement l'exactitude des observations. En même temps on a pu éviter une erreur systématique dont l'importance s'était soustraite à notre attention par suite de la faible précision des mesures antérieures. Nous montrerons plus loin que dans les conditions de nos recherches cette cause d'erreur pouvait produire l'apparence d'une variation des pertes d'énergie avec la fréquence du courant alternatif magnétisant.

[1] A. Schidlof et Mlle Chamié, *Arch. des Sc. phys. et nat.* 1913, (4.), t. XXXIV, p. 12.

Sans revenir en détail sur la méthode employée qui a été exposée dans l'un des derniers numéros des *Arch. des Sc. phys. et nat.* [1], nous décrirons d'abord brièvement les divers perfectionnements apportés aux appareils de mesure. Nous évaluerons ensuite la précision atteinte dans les observations actuelles et nous en indiquerons les résultats numériques.

Ces résultats confirment avec une grande précision les conclusions des recherches antérieures effectuées sous la direction de M. le Prof. C.-E. Guye [2].

Nos mesures semblent même augmenter la valeur de ces conclusions par la plus grande précision que nous avons pu atteindre. Constatons enfin que le présent travail confirme également les résultats des recherches récentes faites au laboratoire de physique de l'université sur la variation de l'aimantation avec la fréquence du champ magnétisant [3].

I. Perfectionnements des appareils et de la méthode de mesure

La méthode et le dispositif général utilisés furent les mêmes que dans le travail précédent. Le lecteur en trouvera une description détaillée dans le mémoire cité [4]. Pour augmenter l'exactitude des mesures, nous avons modifié l'électromètre qui forme l'appareil de mesure principal et nous avons changé le bobinage du noyau magnétique étudié.

A. Electromètre de Curie et Blondlot

Nous avons augmenté la sensibilité de l'électromètre en rapprochant les deux moitiés de l'aiguille ainsi que les deux secteurs des quadrants. La nouvelle aiguille est constituée par

[1] A. Schidlof et Mlle Chamié, *loc. cit.*, p. 16.

[2] C.-E. Guye et B. Herzfeld; C.-E. Guye et A. Schidlof., *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1903 (4.) t. XIV, p. 380, 1905; t. XVIII, p. 576, 1906; t. XIX, p. 61 et p. 169.

[3] C.-E. Guye et Mlle Albert, *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1914 (4), t. XXXVII, p. 20.

[4] A. Schidlof et Mlle C. Chamié, *loc. cit.*, p. 21.

une feuille de mica convenablement découpée de façon à former deux demi disques, séparés par une fente de 1 mm. de largeur. Les deux faces de chaque moitié de l'aiguille sont recouvertes de papier d'étain. Le milieu de l'aiguille est renforcé par deux rondelles de mica collées au centre du disque avec de la gommelaque. L'aiguille est portée par un fil de bronze de 8 cm. de longueur, 0.3 mm. de largeur et 0.01 mm. d'épaisseur. Ce fil sert de conducteur à l'une des moitiés de l'aiguille. L'autre moitié est reliée à un second fil de bronze, beaucoup plus long et beaucoup plus fin, communiquant avec une borne, fixée au socle de l'appareil.

L'aiguille est suspendue à l'intérieur de l'enceinte cylindrique de 5 mm. de hauteur, formée par les quadrants ; elle se trouve à égale distance des deux bases de cette enceinte. Les deux moitiés des quadrants n'étant séparées que par une fente de 1 mm. de largeur, l'aiguille est bien protégée contre l'action des charges électrostatiques qui peuvent se former par influence sur la surface intérieure de la cage métallique de l'instrument. Les oscillations de l'aiguille sont amorties par une palette de mica de grande surface, séparée des quadrants par une paroi métallique qui est en communication avec la cage de l'instrument. La cage même, complètement fermée et reliée au sol. protège l'équipage contre les courants d'air et contre les perturbations électrostatiques extérieures.

L'équipage porte un miroir. Les lectures se font à l'aide de la méthode Gauss-Poggendorff. La distance de l'échelle au miroir est de 143 cm.

D'après la théorie de l'électromètre de Curie et Blondlot [1] la déviation de l'aiguille doit être proportionnelle au produit des deux différences de potentiel E et E′ établies entre les deux moitiés de l'aiguille et entre les deux quadrants. En désignant par α la déviation de l'équipage, on a la relation

$$K\alpha = EE'$$

où K est la constante caractéristique pour l'électromètre. Nous avons vérifié cette relation, en mesurant les deux différences de

[1] *Jour. de phys.*, 1899 (2), t. VIII, p. 80.

potentiel E et E′ au moyen d'un voltmètre de précision Weston. Le tableau suivant résume les résultats des mesures de graduation.

Tableau n° 1

E	E′	E.E′	α	K
15,8	63,9	1009,62	116,1	8,69
20,9	64,0	1337,6	154,2	8,68
26,8	79,9	2141,32	247,9	8,63
34,9	64,2	2240,58	260,0	8,61
26,0	97,1	2524,6	291,2	8,67
32,5	96,3	3129,75	362,0	8,64
29,0	111,0	3219,0	370,0	8,68

Comme on le voit, la valeur de K n'est pas influencée par la grandeur de la déviation α. Grâce au dispositif de commutation, décrit dans le mémoire cité (p. 22), nous avons pu contrôler fréquemment la valeur de la quantité K et nous n'en avons pas constaté la moindre variation pendant toute la durée de nos expériences.

Il sera utile de rappeler que dans les mesures précédentes la valeur de la constante de l'électromètre était (en moyenne)

$$K = 18.6 \frac{\text{volts}^2}{\text{division}}$$

Elle était dans les mesures actuelles :

$$K = 8.65 \frac{\text{volts}^2}{\text{division}}$$

La sensibilité de l'électromètre est donc maintenant environ 2.15 fois plus grande que precédemment.

La durée d'oscillation de l'équipage est de 14.2″. Au bout de 17 oscillations (soit environ 4 minutes) l'aiguille prend une position sensiblement invariable, mais il est superflu d'attendre l'immobilité complète de l'équipage. Dès que l'amplitude des oscillations se trouve réduite à environ 20 divisions, on peut déterminer la position d'équilibre par l'observation de 3 élongations successives avec une précision de 0.2 divisions.

B. Modification des enroulements du noyau

Le noyau magnétique était le même que dans les expériences précédentes. C'était un tore composé de fils de fer de 0.04 mm. de diamètre. Nous en avons modifié les enroulements de façon à approprier l'appareil le mieux possible au but de nos recherches.

Après avoir recouvert le tore d'une couche de toile goudronnée, on y a disposé 8 cloisons en carton isolant dont chacune présentait une épaisseur de 0.6 cm. Ces cloisons divisent la surface du tore en 8 parties égales, destinées à recevoir les 8 bobines secondaires. Chaque bobine se compose de 500 spires d'un fil de cuivre de 0.1 mm., isolé à la soie, enroulé en 5 couches. Les cloisons isolantes servent en même temps à séparer les différentes bobines secondaires et à supporter les fils d'entrée et de sortie de ces bobines. Après avoir recouvert l'enroulement secondaire d'une couche de gutta-percha et de deux couches de toile isolante, on y a porté l'enroulement primaire dont les spires recouvrent toute la surface du tore à l'exception des endroits occupés par les isolateurs en carton. Cette disposition était nécessaire, car il fallait prendre des précautions spéciales pour bien isoler les fils des enroulements secondaires dont les extrémités traversaient les spires de l'enroulement primaire.

L'enroulement primaire se composait de 2 parties dont chacune était formée de 224 spires d'un fil de cuivre de 1 mm., isolé à la soie. Nous avons utilisé dans toutes nos expériences les 2 enroulements primaires groupés en addition, équivalant à un enroulement unique de 448 spires. Si on calcule le champ magnétisant, produit par un courant de 1 ampère, au moyen de la formule [1]

$$H_1 = \frac{4n}{10\,D}\sqrt{2}$$

on trouve :

$$H_1 = 28.52 \text{ gauss}$$

Les 16 extrémités des fils des bobines secondaires furent sou-

[1] n = nombre des spires primaires. D = diamètre du tore. Cette formule est basée sur la supposition d'un courant sinusoïdal. On suppose en outre négligeable la surface d'une spire primaire vis-à-vis de la surface limitée par l'axe du tore.

dées à des fils flexibles, terminés par des crochets de cuivre. Le tore, supporté par un couvercle d'ébonite, fut immergé dans un bain d'huile. Sur le couvercle on a fixé 9 godets remplis de mercure. En plongeant les crochets de cuivre dans ces godets, on pouvait réaliser d'une façon très simple et très rapide les diverses connexions nécessaires pour l'exécution des mesures.

C. Mode opératoire

La modification du bobinage avait pour but principal d'augmenter la précision des mesures. Le plus grand avantage résulte du fait que nous pouvions réaliser les 3 séries d'observations, effectuées aux trois fréquences

$$\nu_1 = 1200 \qquad \nu_2 = 600 \qquad \nu_3 = 300$$

l'une à la suite de l'autre *avec une déviation très approximativement la même.* Il est évident que la précision des observations est doublée par le nouveau procédé, puisqu'il permet de comparer directement les puissances consommées à des fréquences qui sont dans le rapport 4 : 1. Dans le travail précédent par contre la comparaison ne portait que sur des fréquences dont le rapport était de 2 à 1.

Rappelons ici brièvement le principe de la méthode de déviation constante utilisée dans un travail antérieur de M. C.-E. Guye [1].

La déviation de l'électromètre wattmètre est proportionnelle à la puissance consommée par l'hystérésis magnétique du noyau et au nombre des spires secondaires dont les extrémités sont reliées aux deux moitiés de l'aiguille [2]. On sait d'autre part que la puisance consommée par l'hystérésis est, tout au moins approximativement, proportionnelle à la fréquence du courant alternatif magnétisant. On doit donc obtenir sensiblement la même déviation α si l'on augmente le nombre des spires secondaires dans le même rapport qu'on diminue la fréquence du courant alternatif.

Il était utile de réaliser une répartition symétrique des

[1] C.-E. Guye (en collabor. avec Mlle Karpowa), Soc. Suisse de phys. Bâle, sept. 1911. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1911 (4) t. XXX, p. 326.

[2] A. Schidlof et Mlle C. Chamié, *l. c.* p. 19.

potentiels dans les 4 parties de l'électromètre. Pour cette raison il fallait utiliser dans chaque expérience un nombre pair de bobines secondaires groupées en addition. Les extrémités de ces bobines communiquaient avec les 2 moitiés de l'aiguille et le point milieu fut relié au sol.

Le schéma suivant représente les opérations successives des trois séries d'observations qui constituent une expérience.

Fréquence	Enroulements secondaires en tension [1]		
A) 1200	*a)*	I	(1 et 2)
	b)	II	(3 et 4)
	c)	III	(5 et 6)
	d)	IV	(7 et 8)
B) 600	*a)*	I et II	(1, 2 et 3, 4)
	b)	II et IV	(5, 6 et 7, 8)
C) 300		I, II et III, IV	(1, 2, 3, 4 et 5, 6, 7, 8)

On voit que les observations faites avec les différentes bobines secondaires, utilisées chacune à son tour dans les séries A) et B) influencent également le résultat final, à condition de prendre la moyenne arithmétique des lectures partielles.

II. Précision des expériences

Les perfectionnements exposés ci-dessus ont augmenté considérablement la précision des lectures de l'électromètre wattmètre. Nous opérons actuellement avec des déviations 3 à 4 fois plus grandes que dans le travail précédent, grâce à l'augmentation de la sensibilité de l'instrument [2]. Une seconde amélioration résulte du fait mentionné que les comparaisons portent

[1] Les quatre paires de bobines secondaires successivement utilisées sont numérotées I, II, III, IV.

[2] On a augmenté d'une part la sensibilité propre de l'électromètre et d'autre part la grandeur de la résistance primaire dont les extrémités communiquent avec les quadrants.

maintenant sur un intervalle de fréquences deux fois plus étendu.

Mais il ne faut pas oublier que les autres circonstances qui limitent l'exactitude des observations n'ont pas subi de modification. Par suite des différentes causes d'erreur qui résultent principalement des irrégularités de marche de l'alternateur (variations de la fréquence et de l'intensité efficace du courant magnétisant), une observation isolée peut toujours comporter une erreur de 1 %. Ces irrégularités ont une importance spéciale pour les mesures faites avec des champs maxima voisins de 8.5 gauss. La variation de l'intensité efficace du courant magnétisant produit dans ces conditions un effet particulièrement grand, circonstance sur laquelle nous avons attiré l'attention dans le travail précédent [1].

Nous avons effectué dans le voisinage de ce point trois mesures en doublant la sensibilité du dispositif électrique [2]. Les irrégularités observées dans ces mesures (tableau n° 5) ne sont pas beaucoup plus grandes que celles des autres résultats. Cela prouve que nous avons réussi à maintenir très constante l'intensité du courant magnétisant dans les diverses séries d'une expérience, puisque le moindre changement de l'intensité du courant produit, dans ces conditions spéciales, des variations considérables de la puissance consommée.

Il importe enfin de mentionner une cause d'erreur particulière qui est restée inaperçue dans les expériences précédentes. Nous avions admis que la courbe du courant fourni par l'alternateur ne change pas sensiblement lorsqu'on augmente le courant d'excitation. Cette supposition qui se vérifie pour des faibles excitations, cesse d'être vraie lorsqu'on dépasse l'intensité de 8 ampères. Une preuve de ce fait est fournie par l'expérience suivante (tableau n° 2) effectuée avec une fréquence et avec un courant magnétisant constants, mais avec des courants d'excitation dont on faisait varier l'intensité de 20 ampères à 6.5 ampères.

[1] A. Schidlof et Mlle C. Chamié, *l. c.*, p. 29.

[2] L'augmentation de la sensibilité s'obtient en doublant la valeur de la résistance primaire dont les extrémités communiquent avec les quadrants de l'électromètre.

Tableau n° 2

Variation des pertes hystérésiques avec l'intensité du courant d'excitation à champ magnétisant constant

Intensité du courant d'excitation	δ_d	δ_g	$\delta_d - \delta_g = \alpha$	Nombre des tours	Fréquence ν	$\frac{\alpha}{\nu}$
20 amp.	463,5	310,6	152,9	1457 1453		
	468,8	323,0	145,8	1435 1410		
	470,9	332,0	138,3	1385 1355		
20 amp.			144,3	1408	1173	0,1230
16 amp.	464,0	318,5	145,5	1440 1440		
	465,1	318,7	146,4	1436 1432 1425		
16 amp.			145,9	1434	1195	0,1221
12 amp.	462,3	316,0	146,3	1448 1465		
	460,6	310,0	150,6	1478 1485 1485		
12 amp.			148,4	1472	1226	0,1211
10 amp.	472,6	332,1	140,5	1416 1416		
	473,5	333,9	139,6	1411 1405 1401		
10 amp.			140,0	1410	1175	0,1191
8 amp.	477,5	338,8	138,7	1406 1399		
	478,1	341,1	137,0	1390 1390 1390		
8 amp.			137,8	1394	1162	0,1185
6,5 amp.	474,9	332,1	142,8	1448 1436		
	475,3	333,9	141,4	1436 1436		
6,5 amp.			142,1	1439	1199	0,1185

La modification de la courbe du courant alternatif se manifeste par une variation de la puissance consommée qui diminue d'environ 4 % si le courant d'excitation décroît de 20 ampères à 10 ampères, et de 2 % lorsque ce courant décroît de 12 ampères à 10 ampères. Cette variation est supérieure aux plus grands écarts de la loi de proportionnalité observés dans le travail précédent. Puisqu'on n'avait pris aucune précaution spéciale pour maintenir constante l'intensité du courant d'excitation, tout en utilisant des intensités voisines de 10 ampères, on doit attribuer à cette cause d'erreur le fait que dans la plupart de nos expériences antérieures la puissance consommée diminue moins qu'elle n'aurait dû diminuer si elle était proportionnelle à la fréquence.

Les écarts observés étaient trop petits pour mériter une attention spéciale. Nous pouvons cependant en donner maintenant une explication plausible. Le courant d'excitation était pris en dérivation sur la batterie d'accumulateurs qui actionnait le moteur accouplé à la génératrice. A mesure qu'on diminuait la vitesse de rotation du moteur, on augmentait en même temps un peu le courant d'excitation de l'alternateur. Il en résultait une augmentation de la puissance consommée par l'hystérésis, due uniquement à la déformation de la courbe du courant.

Il va sans dire que dans les expériences actuelles on a pris toutes les précautions nécessaires pour maintenir constante l'intensité du courant d'excitation pendant les 3 séries d'une même expérience. On verra que *dans ces conditions toute apparence d'une variation des pertes d'énergie par cycle a disparu.*

III. Détails d'une expérience

Pour mieux faire comprendre le mode de calcul adopté, nous indiquons en premier lieu les résultats détaillés d'un groupe d'expériences effectué avec une intensité efficace du courant magnétisant de 0.6 ampères.

Chacune des trois séries A) B) C) fournit une certaine valeur moyenne du rapport de la déviation α à la fréquence ν. Pour comparer les résultats il faut encore diviser le rapport

Tableau n° 3

Détails d'une expérience

Intensité efficace du courant magnétisant $i_{eff} = 0.6$ amp.
Valeur approximative du champ magnétisant maximum du cycle :

$$H_m = \frac{4n}{10D} i_{eff} \sqrt{2} = 17.11 \text{ gauss.}$$

Enroulements sec. en tension	δ_d	δ_g	$\delta_d - \delta_g = \alpha$	Nombre des tours	Fréquence ν	$\frac{\alpha}{\nu}$
A) Tous les 8 (I, II et III, IV)	446,0	278,7	167,3	380 375	316 312	
	449,0	278,5	170,5	375 378	312 315	
	444,0	277,8	166,2	378 376	315 313	
	437,8	273,4	164,4	378 380	315 316	
4 enroul. doubles			167,1	377	314	0,5321
B) 1+2+3+4 (I et II)	443,3	276,2	167,1	760 760	633 633	
5+6+7+8 (III et IV)	445,9	281,4	164,5	760 740	633 617	
1+2+3+4 (I et II)	448,2	278,3	169,9	750 755	625 629	
5+6+7+8 (III et IV)	456,6	290,5	166,1	747 730	622 608	
2 enroul. doubles			166,9	750	625	0,2670
C) 1+2 (I)	458,0	297,6	160,4	1418 1430	1181 1191	
3+4 (II)	458,8	299,6	159,2	1430 1430	1191 1191	
5+6 (III)	450,7	290,8	159,9	1430 1425	1191 1187	
7+8 (IV)	456,7	303,1	153,6	1430 1445	1191 1191	
1 enroul. double			158,2	1429	1191	0,1339

$\frac{\alpha}{\nu}$ par le nombre des paires de bobines employées dans chaque cas (N), soit $N_1 = 4$ pour le cas A), $N_2 = 2$ pour le cas B), $N_3 = 1$ pour le cas C). En trouvant dans les 3 cas sensiblement la même valeur que pour $\frac{\alpha}{N\nu}$ (aux erreurs d'observation près), on en conclura que l'énergie dissipée dans un cycle d'aimantation est indépendante de la fréquence du courant magnétisant. Dans le cas présent on obtient :

Pour la basse fréquence : $\frac{\alpha_1}{\nu_1 N_1} = \frac{0.5321}{4} = 0.1330$

— fréquence moyenne : $\frac{\alpha_2}{\nu_2 N_2} = \frac{0.2670}{2} = 0.1335$

— haute fréquence : $\frac{\alpha_3}{\nu_3 N_3} = \frac{0.1339}{1} = 0.1339$

La valeur moyenne du rapport $\frac{\alpha}{\nu N}$ étant 0.1335, on trouve pour les écarts de la valeur moyenne (en pour-cents) :

Aux basses fréquences : $-0.4\,\%$
— fréquences moyennes : $0\,\%$
— fréquences élevées : $+0.3\,\%$

IV. Résumé des résultats de toutes les expériences

Les tableaux suivants résument l'ensemble des résultats obtenus en faisant varier les champs maxima des cycles de 7.42 à 28.52 gauss. Le tableau n° 4 renferme les résultats relatifs à 11 expériences effectuées avec une sensibilité constante de l'électromètre. Les valeurs moyennes tirées de ces observations sont représentées graphiquement par la courbe jointe à ce mémoire [1].

Le tableau n° 5 contient quelques mesures faites dans les conditions les moins favorables (champs maxima voisins de 8.5 gauss) avec une sensibilité double du dispositif électrique.

[1] A l'échelle de cette courbe les résultats obtenus pour les trois fréquences étudiées se confondent sensiblement en un seul point. On n'a donc pas pu les représenter séparément.

Tableau n° 4

Intensité du courant en ampères	H_{max} en gauss	Nombre des enroulem. secondaires en tens N	Déviation α	Fréquence ν	$\frac{\alpha}{\nu}$	Moyenne du rapport : $\frac{\alpha}{\nu N}$	Ecarts en % de la valeur moyenne de $\frac{\alpha}{\nu N}$
0,26	7,415	4	55,4	300,5	4×0,0460	0,0455	+1,1 %
		2	57,6	642	2×0,0448		−1,5 %
		1	55,6	1191	0,0458		+0,65 %
0,3	8,556	4	108,2	315	4×0,0858	0,0868	−1,15 %
		2	102,6	590	2×0,0869		+0,1 %
		1	102,9	1173	0,0877		+1,0 %
		4	102,1	297,5	4×0,0858	0,0857	+0,1 %
		2	104,5	602,0	2×0,0868		+1,3 %
		1	93,6	1107	0,0845		−1,4 %
0,4	11,408	4	144,4	303	4×0,1199	0,1184	+1,3 %
		2	140,0	596	2×0,1174		−0,8 %
		1	142,0	1204	0,1179		−0,4 %
		4	138,7	298	4×0,1163	0,1162	+0,1 %
		2	142,2	607	2×0,1170		+0,7 %
		1	127,6	1107	0,1153		−0,8 %
		4	117,4	254	4×0,1155	0,1155	0
		2	142,7	607	2×0,1170		+1,3 %
		1	124,7	1096	0,1140		−1,3 %
0,6	17,112	4	144,7	279,5	4×0,1294	0,1292	+0,15 %
		2	159,1	610	2×0,1303		+0,85 %
		1	130,1	1024	0,1280		−0,95 %
		4	167,1	314	4×0,1330	0,1335	−0,4 %
		2	166,9	625	2×0,1335		0
		1	158,2	1191	0,1339		+0,3 %
0,7	19,964	4	167,6	307	4×0,1365	0,1369	−0,3 %
		2	167,2	609	2×0,1372		+0,3 %
		4	160,5	301	4×0,1333	0,1333	0
		2	156,5	587	2×0,1333		
		1	157,6	1182	0,1333		
1,0	28,52	2	156,9	576	2×0,1362	0,1356	+0,45 %
		1	146,9	1087	0,1351		−0,35 %

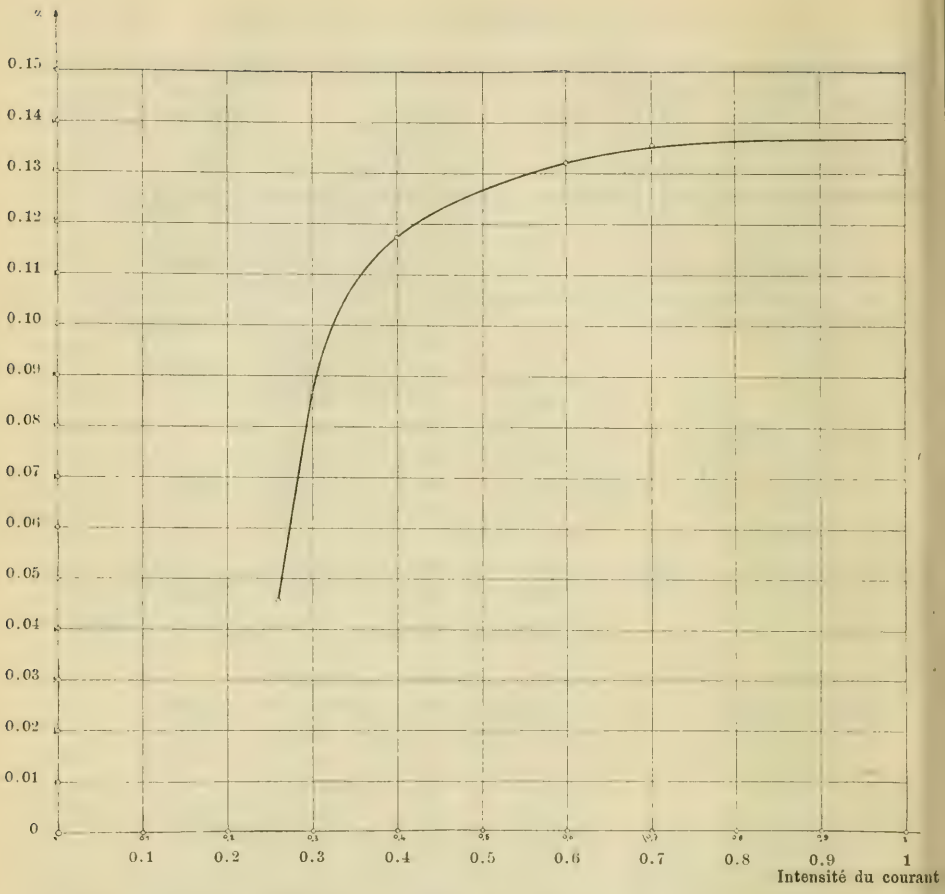


Tableau n° 5

Intensité du courant en ampères	H_{max} en gauss	Nombre des enr. sec. en tens. N	Déviation α	Fréquence ν	$\frac{\alpha}{\nu}$	Moyenne du rapport : $\frac{\alpha}{\nu N}$	Ecarts en % de la valeur moyenne de $\frac{\alpha}{\nu N}$
0,300	8,556	4	223,7	313	4×0,1786	0,1774	+0,7 %
		2	205,8	591	2×0,1741		−1,9 %
		1	210,8	1174	0,1795		+1,2 %
0,305	8,698	2	202,7	566	2×0,1790	0,1804	+0,8 %
		1	220,4	1211	0,1819		−0,8 %
0,310	8,841	2	209,9	571	2×0,1838	0,1852	−0,75 %
		1	229,5	1232	0,1865		+0,7 %

On remarquera que deux mesures faites avec le même champ magnétisant efficace à des époques différentes présentent quelquefois des écarts supérieurs aux erreurs d'expérience. Cela tient au fait qu'il n'a pas été possible d'opérer toujours avec la même intensité du courant d'excitation de l'alternateur et par conséquent pas exactement avec la même courbe du courant magnétisant. Le lecteur doit donc porter son attention exclusivement sur la comparaison de celles des séries qui ont été faites dans les mêmes conditions. Quant à ces dernières, elles présentent généralement des écarts inférieurs à 1 % et ces écarts n'ont rien de systématique.

Pour mieux s'en rendre compte, on peut calculer la moyenne des écarts observés dans l'ensemble des expériences. On trouve :

Pour les basses fréquences :	+ 0.15 %
— fréquences moyennes :	+ 0.06 %
— hautes fréquences :	— 0.17 %

L'expérience vérifie donc avec une exactitude inespérée le fait que *la perte d'énergie est indépendante de la vitesse avec laquelle est parcouru le cycle d'aimantation.*

V. Conclusions

Les conclusions qui se dégagent de ces nouvelles expériences sont très simples. Les petits écarts qui subsistent ne peuvent être attribués avec certitude à une variation systématique des pertes d'énergie avec la vitesse du parcours du cycle. Dans les expériences antérieures, on a constaté l'apparence d'un pareil effet, d'ailleurs très faible, mais cette apparence est maintenant expliquée. Elle doit être attribuée à la cause d'erreur signalée plus haut.

Quant aux mesures actuelles, elles montrent nettement *que dans les limites où nos expériences ont été effectuées les pertes d'énergie dues à l'hystérésis magnétique alternative sont indépendantes de la fréquence du courant magnétisant.*

Ce résultat se rapporte à des cycles dont le *champ maximum* est le même. A condition d'employer un noyau composé de fils

de fer suffisamment fins pour rendre négligeable l'effet des courants de Foucault, *on ne constate aucun effet de viscosité magnétique.*

Cette dernière conclusion s'accorde bien avec l'aspect des cycles du noyau, obtenus avec un courant alternatif de 1250 périodes par seconde, dont les photographies ont été reproduites dans le travail précédent [1].

Laboratoire de physique de l'université.
Genève, Août 1913.

[1] A. Schidlof et Mlle C. Chamié, *loc. cit.*, Pl. II. Consulter également A. Schidlof, *Arch. des Sc. phys. et nat.* (4), 1905, t. XX, p. 268.

L'INSCRIPTION

DES

SIGNAUX HERTZIENS

PAR

Albert TURPAIN

Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Poitiers

(Avec les planches V et VI)

La télégraphie sans fil se joue aujourd'hui des distances. On a récemment constaté que les signaux horaires envoyés par l'Observatoire de Paris et émis par les appareils de télégraphie sans fil du poste de la Tour Eiffel avaient été reçus à 6,500 kilomètres de Paris. Nous sommes loin des premiers balbutiements de la radiotélégraphie. Il y a vingt ans, en 1894, je parvenais à actionner un téléphone à 25 mètres de distance et à recevoir à son aide les signaux rythmés du Morse. Le fait que cette réception s'obtenait à travers quatre murs de $0^m 50$ d'épaisseur chacun et sans aucun fil tendu étonnait déjà ceux qui assistèrent à ces expériences, réalisées dans les caves de la Faculté des Sciences de Bordeaux. Deux ans plus tard, en 1896, M. Marconi rendait les ondes électriques perceptibles à quelques centaines de mètres des appareils émetteurs, cela au laboratoire de M. Righi. Bientôt de nouvelles portées furent obtenues. A l'arsenal de la Spezia, puis en Angleterre, les communications atteignirent quelques kilomètres. En 1900, les communications étaient pratiquement échangées à 100 kilomètres. La télégraphie sans fil devenait une application de l'électricité, désormais consacrée par la pratique.

Tous deux, d'ailleurs, M. Marconi et moi, nous n'avons fait qu'appliquer, avec plus ou moins de bonheur et de réussite, la

géniale découverte du savant allemand Heinrich Hertz qui, vers la fin de 1888, réussit le premier à produire des ondes électriques. Hertz est le véritable inventeur en l'espèce. C'est à lui que nous devons la nouvelle télégraphie. Sans les ondes électriques, réalisées par Hertz, sans la découverte des oscillations électriques, aucune des applications des ondes (télégraphie sans fil et autres) n'existerait.

Au début, lorsque les portées n'atteignaient pas 100 kilomètres, on recevait les ondes électriques au moyen du cohéreur, petite colonne de limaille métallique que les ondes électriques rendent conductrices.

Mais les radiotélégraphistes rêvaient d'accroître encore la portée du nouveau mode de télécommunication. Ils y parvinrent grâce à la découverte de divers détecteurs d'ondes sensibles, le détecteur électrolytique, puis le détecteur à cristaux. Ce dernier, très pratique puisqu'il ne nécessite aucune pile, permet d'exagérer à l'extrême la portée des ondes.

En mai 1910, à l'époque où les signaux de l'heure furent émis par la Tour Eiffel, durant une période d'essai d'une quinzaine de jours, à 8 h. $^1/_2$ du soir, je suis arrivé à rendre sensibles les émissions de la Tour Eiffel en utilisant un galvanomètre Thomson convenablement réglé dont le spot lumineux se déplaçait suivant le rythme même des émissions.

Vers la même époque, j'ai pu enregistrer par la photographie les signaux hertziens de la Tour. J'employais un dispositif que j'ai mis de nouveau en œuvre, l'an dernier, pour étudier l'influence de l'éclipse de Soleil du 17 avril sur les transmissions hertziennes.

On peut, à l'aide de ce dispositif, inscrire les déplacements du spot lumineux, au moyen d'un enregistreur photographique.

Un graphique ainsi obtenu est donné par la fig. 1. On y aperçoit nettement les trois séries de signaux préparatoires, puis les tops de un cinquième de seconde de durée, qui notent les époques exactes de 10 h. 45, 10 h. 47 et 10 h. 49.

Deux fois par jour, en effet, la Tour Eiffel émet des signaux horaires, à 10 h. 45 et à 23 h. 45. A ces époques, les appareils de transmission sont, par une ligne spéciale, mis à la disposition d'un astronome qui, de l'observatoire de Paris, peut les com-

mander. Cet astronome surveille une pendule garde-temps. A 10 h. 44, il agit par un manipulateur Morse et fait émettre aux appareils de la Tour Eiffel une série de traits radiotélégraphiques — —, cela jusqu'à 10 h. 44′55″. L'astronome connecte alors le dispositif de commande avec la pendule du garde-temps, et à 10 h. 45′ exactement, le pendule du garde-temps lui-même, en effectuant son oscillation, produit l'émission d'un court signal radiotélégraphique qui ne dure pas plus de un cinquième de seconde. C'est 10 h. 45. Aucune émission n'est faite jusqu'à 10 h. 46. De 10 h. 46 à 10 h. 46′ 55″, envoi par le mani-

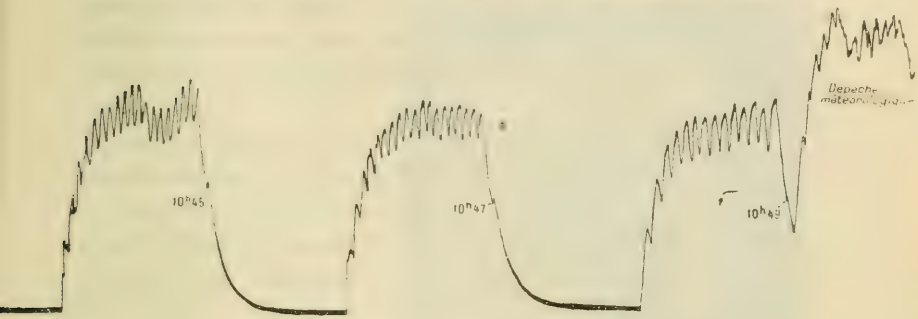


Fig. I. — Inscription photographique des signaux de l'heure obtenue à Poitiers (300 kilomètres de la Tour Eiffel. Le cylindre inscripteur fait un tour en 6 minutes ½. Les déplacements du spot atteignent 8 à 10 centimètres. Ces inscriptions remontent à décembre 1911.

pulateur à la disposition de l'astronome des signaux Morse radiotélégraphiques — - -, qui constituent les signaux avancés de 10 h. 47. A 10 h. 47 exactement, le garde-temps émet un signal de un cinquième de seconde. C'est 10 h. 47. Silence jusqu'à 10 h. 48. De 10 h. 48 à 10 h. 48′55″ environ, des signaux Morse radiotélégraphiques, — - - - - — - - - -. Enfin envoi automatique du signal de 10 h. 49, puis, quelques secondes à peine après, commence l'envoi d'un télégramme météorologique. La nuit, à 23 h. 45, 23 h. 47 et 23 h. 49, même émission de signaux horaires précédés de leurs signaux avancés : —, —, pour annoncer 23 h. 45, — - - pour annoncer 23 h. 47, — - - -, pour annoncer 23 h. 49. Aussitôt après 23 h. 49, un télégramme composé de deux groupes de 6 chiffres est destiné, suivant ce que

nous expliquerons plus loin, à fournir l'heure au centième de seconde près.

Dans la *figure 1*, on voit nettement l'inscription photographique des signaux avancés et des trois tops 10 h. 45, 10 h. 47, 10 h. 49 séparé chacun par une minute de silence.

Les élongations du galvanomètre inscrites sur la photographie montrent bien que les signaux avancés de 10 h. 45 ne sont pas identiques à ceux de 10 h. 47, qui diffèrent également de ceux de 10 h. 49. On pressent bien les deux points et les quatre points des 2e et 3e avancés. Toutefois l'inscription des traits et des points n'est aucunement dissociée. C'est que le galvanomètre, très sensible, employé, n'est pas assez rapide pour suivre le rythme des émissions. Ces inscriptions datent de décembre 1911.

J'ai obtenu, il y a déjà plusieurs mois, au moyen de galvanomètres spéciaux dont j'ai indiqué ailleurs la construction et l'économie [1], la dissociation complète des signaux hertziens.

J'ai combiné d'abord (fig. 2), un appareil qui permet d'inscrire l'heure d'un chronomètre et de la situer, au 1/5 de seconde près, par rapport aux signaux horaires.

Un milliampèremètre à aiguille lumineuse, formée d'un levier d'aluminium dont l'extrémité porte une double cellule d'aluminium contenant une minuscule lampe à incandescence (que le petit accumulateur de droite entretient), et une lentille cylindrique formée d'un fragment d'agitateur en verre (diamètre, 9 millimètres ; longueur, 5 millimètres). Un enregistreur photographique permet l'inscription simultanée des secondes d'un chronomètre par l'aiguille lumineuse et des signaux de l'heure par le déplacement du spot lumineux d'un galvanomètre sensible qui, au repos, se forme en α.

Voici un graphique obtenu (fig. 3.) Il situe l'heure d'un chronomètre de toute première précision, construit par M. Fénon et que possède le Laboratoire de Physique de la Faculté des Sciences de Poitiers. Il n'y a pas lieu de rechercher dans une comparaison de chronomètre aux signaux de l'heure une préci-

[1] *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 24 février, 10 mars et 14 avril 1913.

sion supérieure au 1 5 de seconde, puisque le signal de l'heure présente lui-même cette durée.

Quant au temps perdu entre le contact du chronomètre et le mouvement de la plume lumineuse, il n'atteint pas un dixième de seconde et est d'ailleurs facile à mesurer. J'ai justement mesuré ce temps perdu à l'aide du chronographe qui accompagne ce chronomètre de Fénon.

Ici les signaux préparatoires des tops horaires de 45, 47, 49, sont un peu mieux différentiés bien que non encore dissociés.

Je me suis ensuite proposé d'inscrire l'heure du chronomètre et de la situer par rapport aux tops horaires de 23 h. 30, au centième de seconde près.

Tous les soirs, à 23 h. 30, la Tour Eiffel envoie 180 tops radiotélégraphiques espacés à l'intervalle de $(1-\frac{1}{50})$ de seconde, soit 0",98. Si on écoute simultanément à l'aide du téléphone ces tops et les battements des secondes d'un chronomètre, on peut, en notant les coïncidences qui ne peuvent manquer de se produire au cours des trois minutes environ que dure l'expérience, déduire l'heure que marquait le chronomètre au moment du 1er top, comme aussi celle du 180e top. C'est là l'application d'une méthode classique, déjà ancienne, utilisée par Borda pour

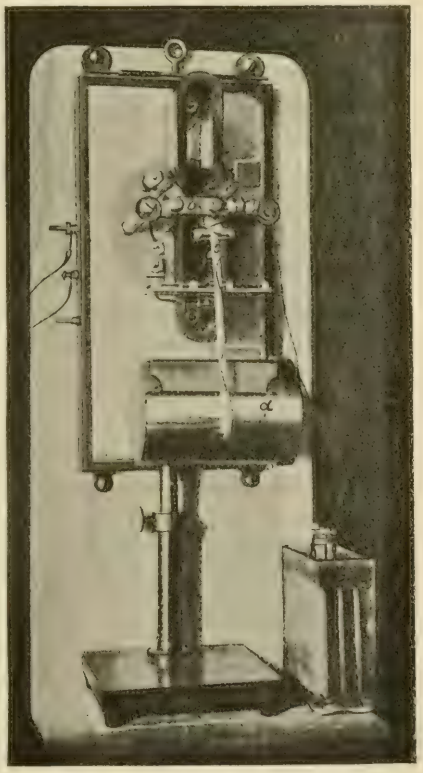


Fig. 2. — Vue de l'appareil qui a servi à obtenir le graphique de la fig. 3.

déterminer avec une grande précision la durée de l'oscillation d'un pendule donné : la méthode dite des coïncidences. Après

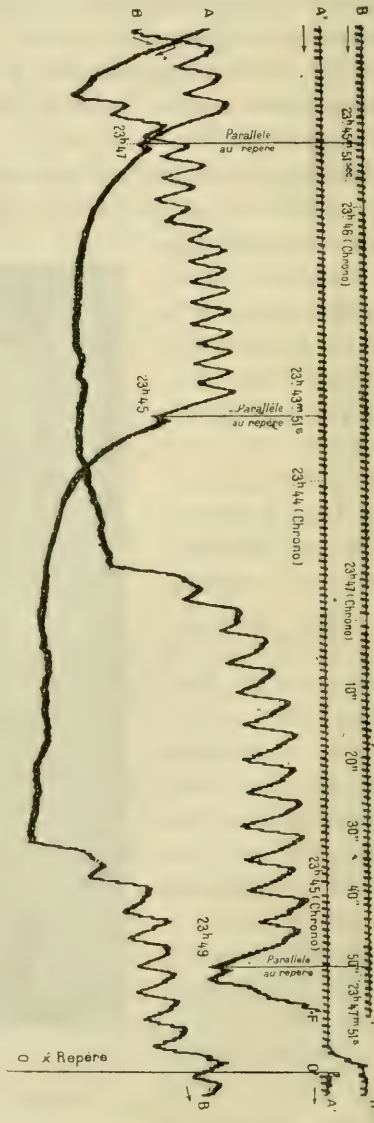


Fig. 3. — Comparaison de l'heure d'un chronomètre-chronographe de Fenon aux signaux de l'heure envoyés par la Tour Eiffel. Inscriptions faites à Poitiers à 300 kilomètres de la Tour. Le cylindre inscripteur fait un tour en 134 secondes. — Tracé des signaux de l'heure : OAABBF ; tracé des secondes successives du chronomètre : O'A'A'B'B'F'. Un peu avant 23 h. 47, on a brusquement déplacé le cylindre inscripteur suivant son axe pour permettre l'inscription sans confusion des trois signaux de l'heure. Entre 23 h. 49 et F, s'aperçoit le début de la dépêche relative au centième de seconde des tops radiotélégraphiques de 23 h. 30. A 1/5 de seconde près, le chronomètre étudié retarde de 1 m. 9 s.

Figure réduite à la moitié de la grandeur réelle.

les signaux horaires de 23 h. 49, l'Observatoire de Paris envoie deux groupes de chiffres, par exemple : 295962-325511. C'est le

résultat de l'application de la méthode précédente faite par l'astronome de service aux battements du garde temps de l'Observatoire. Ces chiffres indiquent un résultat, corrigé de toutes les causes d'erreurs possibles. Ils signifient que le 1er top envoyé le fut à 23 h. 29′ 59″ 62 centièmes de seconde, et que le 180e top correspondait à 23 h. 32′ 55″ 11 centièmes de seconde. On connaît donc, d'après cela, la correction au centième de seconde près, du chronomètre que l'on a soumis à l'étude par cette méthode des coïncidences.

En résumé, la méthode des coïncidences, qui permet de déduire cette détermination de l'audition simultanée des tops radiotélégraphiques et des battements du chronomètre à comparer, réalise, à vrai dire, une sorte de vernier du temps, vernier pour les secondes. On peut traduire, par l'enregistrement photographique, ce vernier pour les secondes en un véritable vernier des longueurs. Que l'on compare l'inscription des 180 tops à l'inscription parallèle des secondes du chronomètre, et les coïncidences se trouveront marquées, comme lorsque l'on regarde une règle divisée et la position de son vernier. Sans s'astreindre à la détermination de la coïncidence auditive, forcément fugace et qui ne laisse pas de trace, on peut donc appliquer la méthode actuellement en usage et pour laquelle se fait chaque nuit l'envoi des 180 tops, en lisant à loisir le graphique photographique formant vernier. Mais cette opération n'est même pas nécessaire, puisque l'observatoire transmet chaque nuit, après les signaux de l'heure, les heures corrigées du 1er et du 180e tops, cela au $\frac{1}{100}$ de seconde près; il suffit dès lors d'inscrire parallèlement le 1er top et la seconde au cours de laquelle il se trouve envoyé. Si l'inscription photographique a lieu à une vitesse suffisante (l'emploi de films de cinématographe ou de pellicules Kodak permet de défiler un décimètre à la seconde), on peut situer le top dans la seconde à un millimètre près. Une vérification immédiate s'obtient d'ailleurs en inscrivant le 180e top et la seconde du chronomètre au cours de laquelle il se produit. Si l'on utilise une bande assez longue pour inscrire le 1er et le 180e tops radiotélégraphiques parallèlement aux secondes du chronomètre, on possède un autre contrôle en calculant par le relevé des coïncidences inscrites graphiquement les heures des 1er et 180e tops.

Les planches V et VI représentent des films de kodak sur lesquels sont inscrites ces comparaisons des tops aux secondes.

Les galvanomètres à cadres extra sensibles que j'ai combinés et l'inscription très précise qu'ils permettent, peuvent, ainsi que je l'ai indiqué aux C. R. de l'Ac. des Sciences (28 avril 1913), être utilisés aux relevés géodésiques de haute précision.

La méthode que je préconise consiste à situer un top émis par la Tour Eiffel dans la seconde du chronomètre employé.

En défilant un décimètre de film à la seconde, il suffit d'effectuer le relevé du top au millimètre près pour obtenir le $^1/_{100}$ de seconde, ce qui se fait à la règle et à l'œil nu. Si on utilise le microscope et le visé micrométrique, c'est le $^1/_{100}$ du $^1/_{100}$ de seconde qu'on pourrait atteindre, ce qui serait d'ailleurs, actuellement du moins, bien inutile. Voici (fig. 4), une application

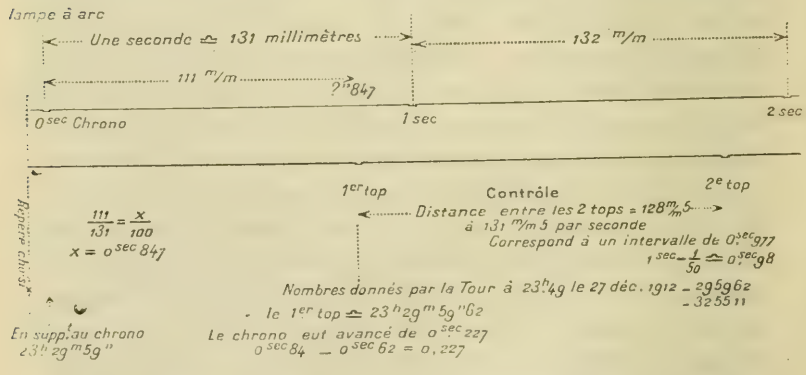


Fig. 4. — Graphique d'inscription et de comparaison de l'heure d'un garde-temps au $^1/_{100}$ de seconde près. Les battements du garde-temps enregistrés se placent par rapport au premier top radiotélégraphique envoyé par l'Observatoire le 27 décembre 1912, de telle sorte qu'on en déduit une avance pour le garde-temps de 0 s. 225. Le contrôle montre que la précision atteint 0 s. 003, différence entre 0 s. 98 et 0 s. 977.

Figure réduite au $^1/_3$ de la grandeur réelle.

de cette méthode faite à l'aide d'un galvanomètre à double cadre extra-sensible.

Cette méthode de situation du top dans la seconde est bien plus précise que la méthode des coïncidences.

Tout d'abord l'inscription des tops et des secondes n'astreint pas à la détermination d'une coïncidence auditive forcément fugace et qui ne laisse pas de trace. On peut donc préciser le

souvenir et empêcher l'erreur. Mais point n'est besoin de rechercher même des coïncidences au sujet de la situation exacte desquelles on hésite d'ailleurs souvent (pl. V et VI). Il suffirait que l'Observatoire inscrive, suivant mon procédé, un seul top dans la seconde du garde-temps et qu'il relève l'heure corrigée de son garde-temps. Ce serait cette heure qu'il télégraphierait aux observateurs qui auraient eux-mêmes, par la méthode que je préconise, situé le même top dans la seconde de leur chronomètre. Au besoin, dans la pratique, un certain nombre de tops, cinq ou six au plus, seraient émis toutes les minutes ou toutes les deux minutes, cela trois fois, et le télégramme hertzien des tops indiquerait l'heure exacte du premier top de chacune des trois séries.

En ce qui concerne la situation d'un top dans la seconde, toutes choses égales d'ailleurs, il est d'une évidence immédiate qu'on sera bien moins susceptible d'être troublé par les parasites au cours d'une opération qui dure trois secondes qu'au cours d'une opération qui dure trois ou même cinq minutes.

Or, il suffit de trois secondes pour inscrire un top dans une seconde avec la précision la plus extrême qu'on puisse désirer. Les trois secondes sont nécessaires pour effectuer le contrôle de l'uniformité de vitesse de la bande d'inscription. A la rigueur, deux secondes suffiraient, mais il est évidemment mieux de contrôler l'uniformité de la vitesse pour la seconde qui précède et pour la seconde qui suit celle où s'est inscrit le top.

Les dispositifs qui m'ont permis d'obtenir ces résultats sont en même temps que très sensibles (ils décèlent le $^1/_{100}$ de microampère), très rapides. Certains de mes cadres ont une période de vibration inférieure au $^1/_{100}$ de seconde. D'ailleurs, je me suis astreint à Poitiers n'étant en somme qu'à une distance de 300 kilomètres de Paris, à ne recevoir qu'une très faible énergie. J'utilise, *à dessein,* une antenne unifilaire et de faible hauteur. De telle sorte que mes galvanomètres pourraient aisément, adaptés à des antennes à rideau du genre de celles de la Tour Eiffel, capter des émissions faites à 5 ou 6.000 kilomètres. Les choses sont disposées d'ailleurs de façon à ce que la presque totalité de l'énergie reçue par l'antenne serve à faire tourner le cadre.

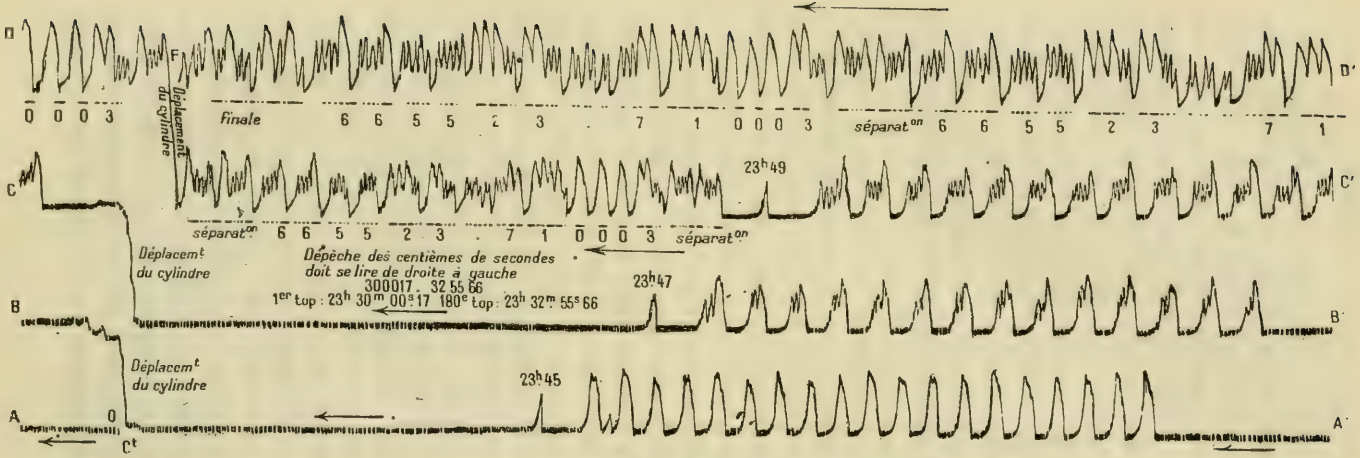


Fig. 5. — Inscriptions photographiques de radiotélégrammes obtenus à Poitiers (300 kilomètres de la Tour Eiffel), le 10 mars 1913. Le graphique doit être lu de droite à gauche. Il commence en O' et suit O' AA' BB' CC' DD' O'. Il a duré de 23 h. 43 m. 30 s. à 23 h. 52 m. 10 s. On y trouve, nettement inscrits et dissociés, les signaux avancés de 23 h. 45, 23 h. 47, 23 h. 49 et les tops de ces signaux horaires. On constate que, par mégarde, l'astronome de l'Observatoire envoya un point entre l'avant-dernier et le dernier trait du signal avancé de 23 h. 45. L'auteur attentif à ce moment au téléphone entendit très nettement ce point. Après les signaux horaires, la dépêche chiffrée relative aux centièmes de seconde, et qui donne, à cette approximation près, l'heure du premier et du cent quatre-vingtième top de 23 h. 30 est très nettement inscrite et répétée trois fois. Les quelques imperfections du tracé sont dues à ce que le cylindre inscripteur photographique avance parfois par sacades, ce que montre bien nettement d'ailleurs le tracé des minutes de silence.

En même temps que cette photographie était prise, un appareil Morse ordinaire se trouvait actionné par la méthode des deux relais en cascade préconisée par l'auteur. La transcription des signaux Morse a été inscrite sur la figure.

Figure réduite au $^3/_5$ de la grandeur réelle.

Les figures 5 et 6 représentent deux inscriptions photographiques de radiotélégrammes qui furent accompagnées de réception au Morse au moyen de la méthode des relais en cascade que j'ai indiquée (voir C. R. Académie des Sciences, 14 avril 1913).

Cette méthode d'inscription et les appareils qu'elle m'a conduit à construire sont susceptibles de deux domaines d'applications bien différentes : 1° ce que j'appellerai des applications de pratique vulgaire ; 2° des applications à la géodésie de haute précision.

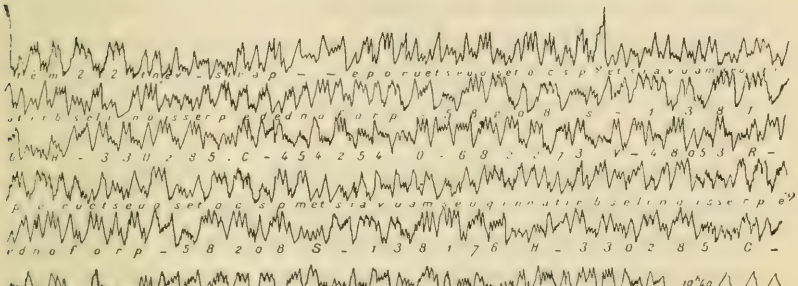


Fig. 6. — Reproduction de la dépêche météorologique du 19 mars 1913. Ce radiotélégramme a été reçu au Morse à Poitiers (300 kilomètres de la Tour Eiffel), en même temps que les déplacements du cadre de notre galvanomètre extra-sensible étaient photographiés, comme le montre le tracé de la figure, grâce au minuscule miroir (2 mm. × 1 mm.) collé sur un côté du cadre. La dépêche doit être lue de droite à gauche. Toute la première partie est en langage chiffré convenu, la prévision du temps en langage clair.

Réduction aux $^2/_5$ de la grandeur réelle

1° *Application de pratique vulgaire.* — Il ne m'a pas été difficile de construire, avec les cadres mobiles comme moteurs, des relais extra-sensibles et dès lors, en utilisant deux relais en cascade, j'ai pu recevoir et inscrire au Morse des radiotélégrammes émis lentement comme la dépêche météorologique, par exemple. On peut de la même manière utiliser les signaux horaires au réglage automatique des horloges.

2° *Application à la géodésie de précision.* — Nous pouvons inscrire le 100ᵉ et, s'il était besoin, le 100ᵉ du 100ᵉ de seconde.

Il est des domaines de nos connaissances géophysiques encore à peine explorés.

On sait que notre globe, en dehors de deux grands mouvements : mouvement annuel de rotation autour du soleil, mouvement diurne de rotation sur lui-même, est l'objet de plusieurs autres mouvements de moindre importance. Ces mouvements supplémentaires sont assez complexes pour avoir fait comparer la terre, dans son voyage à travers l'espace, à une bulle de savon qui tournoie en palpitant, baignée par les rayons solaires.

C'est d'abord le mouvement de précession des équinoxes, qui déplace l'axe du globe par rapport au ciel et qui, dans treize mille ans, substituera Véga, l'une des belles étoiles bleues de la Lyre, à l'étoile polaire actuelle. La polaire du Petit chariot reviendra d'ailleurs dans l'axe du globe dans vingt-cinq mille ans.

Un autre mouvement déplace constamment les pôles de la terre. Une masse d'eau considérable est charriée chaque année à la surface de la planète par le jeu de l'évaporation des océans (très actives dans les régions équatoriales) et de la congélation dans les régions polaires. Cette masse est d'environ 750 millions de tonnes. De ce fait, par l'application même du théorème des aires, l'axe de rotation de la terre, alors même qu'il serait fixe dans l'espace, ne perce pas le globe constamment au même point. Les pôles se déplacent à la surface de la terre et, depuis vingt ans, ce déplacement a atteint 20 mètres environ. Vingt mètres, cela correspond à 0″,6 ($^{6}/_{10}$ de seconde d'arc) ou bien encore $^{4}/_{100}$ de seconde de temps. En situant donc l'heure exacte d'un lieu à $^{1}/_{100}$ de seconde de temps près, on a le moyen de déterminer la longitude avec une précision supérieure à la variation même qu'elle éprouve au cours des ans.

Un dernier mouvement terrestre récemment mis en évidence est celui qu'on peut comparer à une sorte de respiration. L'attraction combinée du soleil et de la lune, en même temps qu'elle produit les marées, agit sur la partie solide de la terre. Notre globe est assez élastique pour que chaque jour le niveau des continents soit déplacé du fait de cette attraction. L'amplitude de ce mouvement est voisine de 40 centimètres.

Cette énumération suffit à faire pressentir tout l'intérêt que présente la détermination et l'inscription de l'heure avec un haut degré de précision. Pour ces applications à la géodésie de précision, l'inscription d'un signal horaire à longue portée dans la seconde dans laquelle il a été produit paraît de beaucoup préférable, en ce qui concerne la comparaison de plusieurs heures locales au même instant, à la méthode des coïncidences.

SUR LA VARIATION

DANS LA

COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX D'INFILTRATION

PAR

L. DUPARC et C. GUCI

Au cours d'un travail entrepris sur les eaux d'infiltration du canton de Genève, nous avons cherché à vérifier dans quelle mesure la composition des nappes d'infiltration était sujette à des variations. Nos expériences ont porté sur un certain nombre de sources du Canton, ainsi que sur la source d'Aiguebelle, au Petit-Salève. Nous avons fait l'analyse complète des eaux de ces différentes sources, à plusieurs périodes distinctes de l'année, et nous avons en outre très fréquemment déterminé simplement, à d'autres époques, le résidu sec total. Nous n'indiquerons pas les méthodes analytiques qui ont été suivies, celles-ci sont conformes à celles employées par M. Duparc dans ses travaux antérieurs sur la composition de l'eau des lacs; nous nous bornerons à énoncer simplement les résultats obtenus.

Source d'Aiguebelle

	12 janvier	22 janvier	28 janvier	6 février	27 février
Résidu sec . .	228,2	227,8	226,4	219,5	225,3
SiO_2	2,4	3,2	—	4	—
$(Fe_2Al)_2O_3$ . .	2,3	2,1	—	2,3	—
CaO	111,9	111,16	117,6	112,4	114,8
MgO	1,9	1,8	—	2,8	3
Cl	2,2	2,2	—	3,5	—
SO_3	5,6	5,4	—	4,7	—
Oxydabilité . .	1,2	—	—	5,1	—
O	16,7	—	—	16,4	—
CO_2	210,4	214,0	—	210,5	—

	15 mars	28 mars	14 avril	27 avril	19 mai
Résidu sec . .	227,3	228	225,2	221,6	226,4
SiO_2	3,8	—	5	5	4,2
$(Fe_2Al)_2O_3$ . .	1,9	—	1,0	—	0,9
CaO	118,4	111,9	118,2	115	118
MgO	3,0	—	5,0	—	4,2
Cl	4	—	3,9	—	4,5
SO_3	5,4	—	4,0	—	5,6
Oxydabilité . .	2,4	—	3,8	—	3,9
O	15,0	—	—	—	14,3
CO_2	205,3	—	—	—	200,0

	21 juillet	15 août	27 août
Résidu sec . . .	219,8	220,5	224
SiO_2	5	4,2	—
$(Fe_2Al)_2O_3$ . . .	1,4	1,8	—
CaO	110	114	119,7
MgO	3,8	4,3	—
Cl.	4,0	3,0	—
SO_3	4,0	5,0	—
Oxydabilité . .	3,2	2,7	—
O	13,0	13,5	—
CO_2	195,4	201	—

Tous ces résultats sont exprimés en milligrammes. L'acide carbonique total figure sous la rubrique CO^2. C'est celui qui a été déterminé dans l'eau, à sa sortie de la source. Il comprend l'acide libre, et celui fixé dans les carbonates. L'oxydabilité est exprimée en acide oxalique, conformément à la méthode de de Marignac.

Les résultats indiqués montrent une constance remarquable dans la composition de la nappe d'infiltration, qui a tout à fait la composition des eaux à circulation rapide, provenant de massifs calcaires non dolomitiques. Cette constance s'observe aussi bien sur la totalité des éléments formant le résidu sec, que sur les éléments considérés individuellement. C'est à peine si l'on peut dire qu'au gros de l'été (21 juillet), la teneur de l'eau est

un peu plus faible, ce qui correspond à une plus petite quantité d'acide carbonique également.

Les différences extrêmes observées sont, pour les divers éléments dosés, les suivantes :

Résidu sec . .	8,4	12 janvier et 21 juillet
SiO_2	2,8	12 janvier et 21 juillet
$(Fe_2Al)_2O_3$ . .	1,4	19 mai et 6 février
CaO	8,4	13 mars et 21 juillet
MgO	3,1	19 avril et 12 janvier
Cl	2,3	19 mai et 21 janvier
SO_3	2,6	12 janvier et 21 juillet
Oxydabilité . .	3,9	12 janvier et 6 février
O	3,7	12 janvier et 21 juillet
CO_2	10,5	22 janvier et 21 juillet

Si maintenant, on somme les différents résultats obtenus, en prenant les moyennes, on arrive pour la composition définitive de la nappe d'infiltration d'Aiguebelle, aux chiffres suivants :

Résidu sec . .	223,8	Cl	3,4
SiO_2	4,1	SO_3	4,9
$(Fe_2Al)_2O_3$ . .	1,7	Oxydabilité . .	3,1
CaO	114,8	O	14,9
MgO	3,3	CO_2	205,2

Source Marsis, commune des Eaux-Vives

Cette source, qui s'alimente sans doute à une nappe assez étendue, comme le ferait supposer l'analogie de composition d'une série de sources situées dans le même périmètre, sort du terrain glaciaire. Sa composition est très différente, comme l'on peut s'y attendre, de celle de l'eau d'Aiguebelle, mais se rapproche par contre beaucoup de celle d'une série d'autres nappes d'infiltration du canton, qui se trouvent dans les mêmes conditions. Cette source a été analysée en 1910 par le professeur Graebe. Nous donnerons son analyse dans la première colonne de gauche. C'est un document précieux pour la question que nous nous proposons d'étudier.

	Graebe	1er février	11 février	14 février	12 mars
Résidu sec . .	—	456,0	455,8	448,4	445,6
SiO_2	13,0	9,8	—	—	9,2
$(Fe_2Al)_2O_3$ . .	1,2	1,4	—	—	1,2
CaO	183	186,2	184,5	185,2	183,2
MgO	26,0	27,8	—	—	27,8
Cl	6,9	9,5	—	—	6,9
SO_3	33,7	34,3	—	—	34,3
Oxydabilité . .	—	16,7	—	—	14,0
O	6,0	12,0	—	—	13,4
CO_2 total . . .	333,6	331,1	—	—	327
Na_2O	9,0	—	—	—	—
K_2O	5,0	—	—	—	—
N_2O_5	trace	—	—	—	—

	25 mars	14 avril	29 avril	17 mai	30 mai	9 juin	15 juillet
Résidu sec . . .	452,0	460,8	457,0	452,0	448,7	450,9	449,0
SiO_2	—	8,4	—	7,9	—	7,5	8,0
$(Fe_2Al)_2O_3$ . . .	—	2	—	1,5	—	1,0	0,95
CaO	184	197,6	187,4	183,0	184,9	179	183,2
MgO	—	26,1	—	26,8	—	24,5	26,0
Cl	—	5,4	—	6,7	—	7,0	6,8
SO_3	—	32,4	—	33	—	34	33
Oxydabilité . . .	—	16	—	15	—	16,2	18,4
O	—	—	—	14,3	—	14,7	13,2
CO_2 total	—	—	—	335	—	318	—
Na_2O	—	—	—	—	—	—	—
K_2O	—	—	—	—	—	—	—
N_2O_5	—	—	—	—	—	—	20

	20 août	22 sept.		20 août	22 sept.
Résidu sec. . . .	448,5	456	Oxydabilité . . .	—	14
SiO_2	—	9	O.	—	15,2
$(Fe_2Al)_2O_3$	—	1	CO_2 total	—	330,2
CaO	179,2	180	Na_2O	—	—
MgO	—	28	K_2O	—	—
Cl	—	8,2	N_2O_5	—	18,7
SO_3	—	33,7			

Les résultats de ces différentes analyses montrent que, bien qu'étant dans des conditions fort différentes au point de vue géologique de celles de la source d'Aiguebelle, la nappe qui alimente la source Marsis est aussi d'une constance très remarquable, en ce qui concerne la totalité des éléments dissous, et les éléments considérés individuellement. Il faut faire cependant une exception pour le chlore et les nitrates. Pour le chlore, les chiffres trouvés varient entre 6,9 et 9,5 ; pour les nitrates, tandis que l'analyse de Graebe n'indique que des traces de ces sels, celles que nous avons faites en juillet et en septembre en montrent par contre une proportion notable. Cela semble indiquer la prétence d'infiltrations locales, qui viennent temporairement modifier la composition de la nappe, du moins en ce qui concerne les nitrates et les chlorures.

Les différences extrêmes observées entre ces analyses sont les suivantes, et nous avons mis en regard la composition moyenne de la source, telle qu'elle se dégage de l'ensemble de nos analyses :

		Différences			Composition moyenne
Résidu sec . . .	12,4	14 avril	et	14 février	451,5
SiO_2	2,3	1 février	et	9 juin	9,1
$(Fe_2Al)_2O_3$ . . .	1,1	14 avril	et	15 juillet	1,3
CaO	17,16	14 avril	et	9 juin	184,4
MgO	3,5	1 février	et	9 juin	26,3
Cl	4,1	1 février	et	14 avril	7,2
SO_3	1,9	1 février	et	14 avril	33,5
Oxydabilité. . .	4,4	15 juillet	et	12 mai	15,70
O	3,2	22 septembre	et	1 février	13,8
CO_2 total. . . .	17	1 mai	et	9 juin	329
Na_2O	—	—		—	9
Ka_2	2	—		—	5
N_2O_5	—	15 juillet	et	22 septembre	19

Source de la commune de Bardonnex

L'eau analysée a été prélevée à la grande fontaine au milieu du village. La région avoisinante est formée par le terrain glaciaire , mais la source est captée, paraît-il, au delà de la commune. En tous cas, la composition de la nappe est tout à fait

analogue à celle des eaux qui circulent dans les formations glaciaires.

	5 mai	27 juillet		5 mai	27 juillet
Résidu sec	474	485	Cl	8,6	7,9
SiO_2	8	7,5	SO_3	31,3	32,7
$(Fe_2Al)_2O_3$	1	2	Oxydabilité . . .	10	8,8
CaO	202,8	204	O	14,5	12,6
MgO	25,5	24,5	CO_2 total	—	—

La composition est également peu variable. A l'encontre de ce qu'on peut observer d'habitude, le résidu sec est un peu plus fort au milieu de l'été.

Source de Candolle à Evordes, commune de Bardonnex

L'eau analysée provient de la fontaine de la cour du château de Candolle. La source, parait-il, est captée au Salève, et amenée par des canalisations.

	10 avril	15 août		10 avril	15 août
Résidu sec	264,8	263,5	Cl	2,2	2,8
SiO_2	4,8	3,9	SO_3	22,2	24,0
$(Fe_2Al)_2O_3$	trace	trace	Oxydabilité . . .	9,8	8,7
CaO	128,8	127,9	O	14,9	12,9
MgO	8,9	8,0	CO_2 total	227,4	222,0

Les différences observées sont excessivement faibles et pour ainsi dire nulles. C'est à peine si l'on constate une petite diminution d'oxygène et d'acide carbonique dans la période chaude, ce qui est normal. On remarquera une assez grande analogie avec l'eau d'Aiguebelle. Toutefois la magnésie et les sulfates y sont plus abondants, ce qui semblerait indiquer un parcours déterminé de l'eau dans le terrain glaciaire.

Source de Certoux, commune de Perly-Certoux

L'eau provient de la source qui alimente la fontaine communale. La composition de cette eau est celle d'une nappe en terrain glaciaire, comme on le verra par les analyses ci-dessous.

	30 avril	27 juillet		30 avril	27 juillet
Résidu sec	408,9	400,2	Cl	9,1	8,9
SiO_2	8,8	7,9	SO_3	34,8	35
$(Fe_2Al)_2O_3$	8	7,5	Oxydabilité . . .	9,4	10,0
CaO	164,4	165,0	O	14,7	12,8
MgO	31,8	33,3	CO_2 total	—	—

Là encore, comme dans le cas précédent, les variations sont insignifiantes. Il y a simplement léger abaissement du résidu sec, avec diminution de l'oxygène et augmentation de l'oxydabilité dans la période d'été.

Source de la commune de Meimier

L'eau a été prélevée à la fontaine qui se trouve devant l'église[1] et qui alimente encore trois autres fontaines. La composition de l'eau est également celle d'une nappe dans les formations glaciaires.

	10 juin	20 août		10 juin	20 août
Résidu sec	470	482	Cl	24	23,9
SiO_2.	10	9,5	SO_3	75,8	74,5
$(Fe_2Al)_2O_3$	2,8	1,9	Oxydabilité . . .	11	10,2
CaO	177,6	176,4	O.	14,8	12
MgO	27,8	28,3	CO_2 total	—	—

L'eau de cette nappe est très séléniteuse et très riche en chlore, ce dernier fait parait indiquer la présence d'infiltrations locales. Les conclusions qui se dégagent des deux analyses sont à peu près identiques à celles indiquées ci-dessus.

Les résultats qui viennent d'être exposés et qui demanderaient certainement à être complétés, montrent que la composition des nappes d'infiltration présente une constance beaucoup plus grande que l'on aurait pu s'y attendre de prime abord,[2] d'après les travaux qui ont été faits sur les eaux des lacs et des

[1] L. Duparc et B. Baeff, Le régime des eaux de l'Arve. *Archives*, 1890, t. XXIII, page 363, et *C. R. acad. sc.*, 1891, t, CXIII, p. 235.

[2] L. Duparc, Le lac d'Annecy. *Archives*, 1894, t. XXXII, p. 68-191.

rivières. MM. L. Duparc et B. Baeff, dans leurs travaux sur les eaux de l'Arve, et M. L. Duparc[1] dans ses recherches sur les eaux des lacs et de leurs affluents, ont démontré en effet :

1° Que les eaux des rivières ont une composition essentiellement variable, non seulement d'une saison à l'autre mais encore d'un jour à l'autre dans certaines conditions. Ces variations, qui sont fonction du niveau, peuvent osciller parfois du simple au double, et leur origine a été expliquée d'une manière absolument complète. 2° Pour les lacs, M. L. Duparc est arrivé à la conclusion que leurs eaux sont en général moins chargées en substances dissoutes que la moyenne de leurs affluents et M. A. Delbecque[2] a démontré que, pour un même lac, il existe souvent une différence appréciable dans la composition de l'eau de surface et de l'eau du fond, quelle que soit l'importance du bassin.

Pour les nappes d'infiltration, nous voyons qu'il n'en est pas de même et que les différences que l'on observe sont d'un ordre presque négligeable. A Aiguebelle, c'est à peine si l'on peut prétendre à une diminution dans les matières dissoutes pendant la période chaude, diminution insignifiante qui paraît correspondre à une diminution dans la teneur en acide carbonique, ce qui est tout à fait logique. Pour la source Marsis, les variations sont aussi insignifiantes également, et ne paraissent pas avoir une relation déterminée avec les saisons ; il en est de même pour les autres sources étudiées, du moins en ce qui concerne le résidu fixe et ce que nous appellerons les éléments fondamentaux, c'est-à-dire la chaux, la magnésie et l'acide sulfurique. Il n'en est pas tout a fait de même pour le chlore, et cela se comprend, car cet élément est attribuable à des causes tout à fait locales, qui peuvent ne pas exister en permanence.

Cette constance dans la composition des nappes d'infiltration nous paraît devoir provenir de deux causes qui sont les suivantes :

1° Pendant leur parcours souterrain, les eaux qui forment la nappe ont une circulation assez lente, pour que la saturation de l'eau vis-à-vis des éléments chimiques qu'elle tiennent en dissolu-

[1] L. Duparc, Le lac d'Annecy. *Archives*, 1894, t. XXXI, p. 68-191.
[2] A. Delbecque, Les lac français.

tion, soit complète. Il est alors évident que la teneur des eaux en matières dissoutes ne peut pas subir de grandes oscillations.

2° Les carbonates formant, comme nous l'avons vu, la plus grosse partie du résidu sec, et la solubilité de ces derniers dépendant, toutes choses égales d'ailleurs, de la quantité d'acide carbonique en solution, il faut nécessairement que la proportion de cet acide soit sujette à de faibles fluctuations, pour expliquer la constance observée. Or, c'est précisément ce que l'on peut voir par l'examen des chiffres qui précèdent ; les variations dans l'acide carbonique total sont, en effet, assez faibles, et restent dans l'ordre de grandeur de celles du résidu sec. On sait en effet, à la suite des expériences de von Essen[1]. que l'acide carbonique augmente considérablement la solubilité des carbonates et une variation, appréciable de cet élément dans l'eau doit entrainer de suite une variation correspective du résidu sec. C'est en général ce que l'on observe ; ainsi à Aiguebelle, le mois de juillet fut celui où le résidu sec était le plus faible (219,8). C'est aussi celui où l'acide carbonique total atteint la plus petite valeur, soit 197.4 mil. Cette influence de l'acide carbonique se manifeste par les oscillations des éléments qui sont sous sa dépendance immédiate, comme le carbonate de chaux, par exemple, tandis que l'acide sulfurique, qui provient du sulfate de chaux, lequel est directement soluble dans l'eau et dont la solubilité n'est pas influencée par la présence de CO_2, subit de très faibles variations, comme on peut le voir, à la source Marsis, notamment, où cet élément est en quantité appréciable.

Il est intéressant de constater que quelle que soit l'origine de la nappe d'infiltration, les conclusions qui viennent d'être énoncées sont les mêmes. Elles se vérifient aussi bien pour les eaux qui viennent du Salève, que pour celles qui sourdent à la surface du glaciaire.

[1] Ivan von Essen, Recherches expérimentales sur la solubilité des carbonates. Thèse, Genève 1897.

NITRATION DES DÉRIVÉS ACYLÉS

DU

M-AMINOPHÉNOL ET DE LA M-ANISIDINE

PAR

Frédéric REVERDIN et **Karl WIDMER**

L'un de nous s'est occupé depuis plusieurs années, avec divers collaborateurs [1], d'étudier la nitration des dérivés du p-aminophénol ; il nous a paru intéressant d'étendre maintenant ces recherches à la série « méta » et de chercher à compléter, ou tout au moins à augmenter le nombre des dérivés nitrés connus dans cette série encore très incomplète.

Nous avons commencé cette étude par les dérivés du m-aminophénol, qui est devenu, comme on le sait, un produit facilement accessible depuis que son emploi en teinture a été breveté [2] et qu'il est fabriqué industriellement.

Nous tenons à remercier à cette place la Badische Anilin und Soda-Fabrik, qui a eu l'obligeance de nous fournir gratuitement la matière première nécessaire à nos recherches.

Nitration des dérivés diacylés du m-aminophénol.

Les dérivés diacylés du m-aminophénol, qui ont été utilisés par nous, étaient en partie connus, nous ne parlerons que de ceux qui n'avaient pas encore été décrits et nous mentionnerons une observation faite à l'occasion de la préparation du diacétyl-m-aminophénol.

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.* de 1904 à 1913.

[2] Brevet allemand du 5 mai 1908. Henri Schmid de Mulhouse.

Le diacétyl-m-aminophénol déjà préparé par Ikuta[1] en chauffant le m-aminophénol avec l'anhydride acétique à 150-160°, a été obtenu par nous, avec un meilleur rendement (80-85 %), en chauffant trois heures à 160° avec l'anhydride acétique et de l'acétate de soude.

Il se forme en outre dans cette réaction du *triacétyl m-aminophénol :*

$$C^6H^4 \cdot OC^2H^3O \cdot N(C^2H^3O)_2$$

qui est moins soluble que le dérivé diacétylé et qui cristallise dans le toluène en aiguilles incolores, f. à 75-77° ; ce nouveau composé, très soluble dans l'alcool et dans le chloroforme, insoluble dans l'eau, est très peu stable ; il se transforme facilement, de lui-même, en dérivé diacétylé en éliminant une molécule d'acide acétique.

0.1144 gr. Subst. ont donné 6.52 cc. N (19° ; 728 mm.)
Calculé pour $C^{12}H^{13}O^4N$.... N = 5.96 %
Trouvé..... N = 6.24 %

Le *toluène-sulfonyl-m-aminophénol :*

$$C^6H^4 \cdot OH \cdot NH \cdot SO^2C^7H^7$$

dont la préparation effectuée par Reverdin et de Luc, n'a pas encore été publiée, et qui f. à 158°, fournit par acétylation au moyen de l'anhydride acétique en présence de quelques gouttes d'acide sulfurique, l'*O-acétyl-N-toluènesulfonyl-m-aminophénol :*

$$C^6H^4 \cdot OC^2H^3O \cdot NH \cdot SO^2C^7H^7$$

qui cristallise dans l'alcool dilué en aiguilles blanches, f. à 166°. Il est soluble dans l'alcool et dans l'acétone, insoluble dans l'eau et dans la solution de carbonate de soude.

0.1407 gr. Subst. ont donné 5.93 cc. N (20° ; 733 mm.)
Calculé pour $C^{15}H^{15}O^4NS$... N = 4.59 %
Trouvé..... N = 4.62 %

Le *ditoluènesulfonyl-m-aminophénol :*

$$C^6H^4 \cdot OSO^2C^7H^7 \cdot NH \cdot SO^2C^7H^7$$

a été préparé en faisant réagir deux molécules de p-sulfochlorure de toluène sur le m-aminophénate de soude en solution

[1] *Am. jour.*, t. 15, p. 42.

aqueuse et en chauffant trois quarts d'heure au bain-marie. Il se dépose sous forme d'une huile qui, après avoir été reprise par l'alcool fournit des aiguilles blanches, f. à 110°. Ce composé, insoluble dans les alcalis, se dissout facilement dans l'alcool et dans l'acétone ; il est insoluble dans l'eau et dans la ligroïne.

0.2738 gr. Subst. ont donné 8.68 cc. N (22°; 736 mm.)
Calculé pour $C^{20}H^{19}O^5NS^2$ .. N = 3.36 %
Trouvé..... N = 3.46 %

Nitration du diacétyl-m-aminophénol

La nitration de ce dérivé a déjà été étudiée par Meldola[1] qui a obtenu par l'action des acides nitriques de D = 1.4 et 1.5, le *nitro-4-acétyl-m-aminophénol* ainsi que le *dérivé mononitré en 6*. Ce dernier dérivé nous a paru difficile à isoler du produit de la réaction, tout au moins dans les conditions où nous l'avons effectuée, en suivant apparemment les indications de Meldola, mais en revanche nous avons pu le préparer avec un bon rendement en opérant comme suit : nous avons introduit peu à peu 1 gr. de diacétyl-m-aminophénol dans 5 cc. d'acide nitrique de D = 1.52 en refroidissant dans un mélange de glace et de sel, de telle manière que la température ne dépasse pas + 4°. En coulant sur l'eau glacée, nous avons obtenu un précipité incolore qui, après avoir été cristallisé dans l'alcool, est en aiguilles blanches, f. à 113°. Ce produit constitue le *diacétyl-nitro-6-m-aminophénol :*

$$C^6H^3 \cdot \underset{(1)}{OC^2H^3O} \cdot \underset{(3)}{NH} \cdot C^2H^3O \cdot \underset{(6)}{NO^2}$$

Il est soluble dans l'alcool et dans l'acide acétique, peu soluble dans l'eau et insoluble à froid dans la solution de carbonate de soude, qui le saponifie partiellement à chaud.

0.1147 gr. Subst. ont donné 11.98 cc. N (15° ; 736 mm.)
Calculé pour $C^{10}H^{10}O^5N^2$... N = 11.76 %
Trouvé..... N = 11.78 %

[1] *Chem. Soc.* T. 89, p. 925.

La saponification de ce produit par le carbonate de soude à chaud fournit le *nitro-6-acétyl-m-aminophénol :*

$$\underset{(1)}{C^6H^3 \cdot OH} \cdot \underset{(6)}{NO^2} \cdot \underset{(3)}{NH \cdot C^2H^3O}$$

qui a été décrit par Meldola, avec le F = 221° et pour lequel nous avons trouvé nous-mêmes 200°.

0.1354 gr. Subst. ont donné 17.80 cc. N (20°,5; 715 mm.)
Calculé pour $C^8H^8O^4N^2$.... N = 14.29 %
Trouvé..... N = 14.08 %

Celui-ci donne par saponification au moyen de l'acide chlorhydrique à 5 %, en chauffant deux heures à ébullition, le *nitro-6-m-aminophénol* :

$$\underset{(1)}{C^6H^3 \cdot OH} \cdot \underset{(6)}{NO^2} \cdot \underset{(3)}{NH^2}$$

cristallisé en aiguilles orangées de F = 157-158°. Meldola qui a décrit ce composé en avait établi la constitution en le transformant en jodo-3-nitro-6-phénol.

La différence entre les F. du dérivé diacétylé ci-dessus, noté par Meldola et par nous, 221° et 200°, nous a engagés à déterminer encore la constitution de la combinaison que nous avions obtenue, en la transformant en d'autres composés également connus. Nous avons constaté que cette constitution était bien conforme, car nous avons pu transformer notre produit par les méthodes habituelles en *chloro-3-nitro-6-phénol* et en *nitro-6-résorcine.*

Malgré les modifications apportées aux conditions de la nitration du diacétyl-m-aminophénol, nous n'avons pas réussi à obtenir d'autres dérivés mononitrés.

Un seul *dérivé dinitré* du m-aminophénol était connu jusqu'à présent, c'est le *dinitro-4-6-m-aminophénol*, préparé par Meldola en nitrant l'un et l'autre des deux dérivés mononitrés en 4 et en 6.

Nous avons observé que ce composé peut être obtenu directement en introduisant peu à peu 10 cc. d'acide nitrique de D = 1.52 dans une solution refroidie de 2 gr. de diacétyl-m-

aminophénol dans 10 cc. d'anhydride acétique ; le produit coulé sur de la glace se précipite et fournit, après cristallisation dans l'alcool ou dans l'acide acétique le *dinitro-4 6-diacétyl-m-aminophénol :*

$$\underset{}{C^6H^2} \cdot \underset{(1)}{OC^2H^3O} \cdot \underset{(3)}{NHC^2H^3O} \cdot \underset{(4)}{NO^2} \cdot \underset{(6)}{NO^2}$$

en aiguilles à peine colorées, f. à 157°. Ce composé insoluble dans la solution de carbonate de soude à froid, est difficilement soluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool, l'acide acétique et le benzène.

0.1244 gr. Subst. ont donné 17.25 cc. N (22° ; 727 mm.)
Calculé pour $C^{10}H^9O^7N^3$ ... N = 14.84 %
Trouvé ..... N = 14.94 %

Saponifié partiellement au moyen du carbonate de soude, il donne le *dinitro-4-6-acetaminophénol,* f. à 168° et saponifié totalement par l'acide sulfurique concentré, le *dinitro-4-6-m-aminophénol*, f. à 231°. Ces deux combinaisons ont déjà été décrites par Meldola.[1]

[1] Meldola a supposé que son dinitro-m-aminophénol f. à 231° pourrait être identique à un produit f. à 225° préparé par Lippmann et Fleissner (*Monathshefte* 1886, t. 7, p. 95), en faisant réagir le cyanure de potassium en solution alcoolique sur la dinitro-2-4-aniline et dont ils expliquent la formation par les équations suivantes :

$$C^6H^3 \cdot (NO^2)_2NH^2 + H^2O = C^6H^3(NO^2)_2OH + NH^3$$
$$C^6H^3(NO^2)_2OH + O + NH^3 = C^6H^2(NO^2)_2OH.NH^2 + H^2O$$

Mais il semble résulter de nos observations que le produit décrit par ces auteurs était en réalité le dinitro-2-4-m-aminophénol. En effet, L. et F. avaient déterminé la constitution de ce dérivé en le transformant par l'action de la potasse caustique en une dinitro-résorcine, f. à 145°, identique au dérivé préparé par Benedikt et von Hübl (*Monatshefte*, t. 2, p. 323), auquel le premier de ces auteurs avait donné la constitution d'une dinitro-4-6-résorcine (*Ber der Deutsch chem. Ges.* 1883, t. 16, p. 667), mais plus tard St. von Kostanecki (*Ibid.* 1888, t. 21, p. 3117) et le même avec Feinstein (*Ibid.*, t. 21, p. 3119) ont démontré que cette dinitrorésorcine était en réalité un dérivé dinitré en 2-4. Or, nous n'avons pas réussi à transformer par l'action de la potasse caustique le dinitro-4-6-m-aminophénol en dinitrorésorcine correspondante et en outre on conçoit mieux que le dinitro-2-4-aminophénol, qui renferme un groupe « amino » entre deux groupes « nitro » puisse l'échanger contre un groupe « hydroxyle », comme Lippmann et Fleissner l'ont observé avec leur composé.

En modifiant les conditions de nitration du diacétyl-m-aminophénol, nous n'avons pas réussi à obtenir d'autre composé dinitré et en nitrant d'autres dérivés diacylés, nous avons également toujours obtenu le dérivé nitré en 4-6 qui paraît donc se former de préférence.

C'est ainsi qu'en nitrant le dibenzoyl-m-aminophénol, décrit par Ikuta [1], au moyen de l'acide nitrique de D = 1.52 en chauffant au bain-marie jusqu'à dégagement de vapeurs rutilantes, à 40°, nous avons obtenu le *dinitro 4-6-dibenzoyl-m-aminophénol :*

$$\underset{}{C^6H^2} \cdot \underset{(1)}{OC^7H^5O} \cdot \underset{(3)}{NH} \cdot C^7H^5O \cdot \underset{(4)}{NO^2} \cdot \underset{(6)}{NO^2}$$

poudre blanche cristalline, f. à 70-72°, dont la constitution a été établie par le fait qu'il fournit par saponification, au moyen de l'acide sulfurique très légèrement étendu, le *dinitro-4-6-m-aminophénol.*

Le dérivé dibenzoylé ci-dessus est soluble dans l'alcool, l'acétone et l'acide acétique ; il est insoluble dans l'eau et dans le carbonate de soude.

0.1047 gr. Subst. ont donné 10.13 cc. N (21° ; 728.6 mm.)
Calculé pour $C^{20}H^{13}O^7N^3$... N = 10.32 %
Trouvé..... N = 10.49 %

Enfin le ditoluène-sulfonyl-m-aminophénol nous a donné, dans les mêmes conditions, le dérivé dinitré correspondant, en aiguilles blanches, f. à 120-123°. Ce *dinitro-4-6-ditoluènesulfonyl-m-aminophénol :*

$$C^6H^2 \cdot \underset{(1)}{OSO^2C^7H^7} \cdot \underset{(3)}{NH} \cdot SO^2C^7H^7 \cdot \underset{(4)}{NO^2} \cdot \underset{(6)}{NO^2}$$

est doué des mêmes caractères de solubilité que le précédent.

0.1245 gr. Subst. ont donné 9.63 cc. N (20° ; 726 mm.)
Calculé pour $C^{20}H^{17}O^9N^3S^2$.. N = 8.28 %
Trouvé..... N = 8.40 %

Nitration de l'acétyl-m-anisidine.

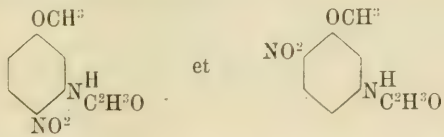
Nous avons commencé l'étude de la nitration des dérivés acylés de la m-anisidine par celle de l'*acétyl-m-anisidine.*

[1] *Am. Journ* t. 15, p. 43.

Ce composé, f. à 80-81° a déjà été décrit par Körner et Werner[1] ainsi que par Meldola[2]; la substance qui a servi à nos recherches a été préparée par la méthode indiquée par Meldola, c'est-à-dire en méthylant, au moyen du sulfate de méthyle : $(CH^3)_2SO^4$, en présence de lessive de soude, l'acétyl-m-aminophénol.

On connaissait jusqu'ici deux dérivés mononitrés de la m-anisidine, renfermant le groupe « nitro » en 4 et en 5, mais ces deux composés avaient été préparés, non pas par nitration, mais le premier par Meldola, en méthylant le mononitro-aminophénol correspondant et le second par Blanksma[3] en réduisant partiellement un dinitro-anisol ; il s'agissait donc pour nous d'étudier la nitration directe de l'acétyl-m-anisidine et de chercher à augmenter la série de ses dérivés nitrés.

En introduisant 1 gr. d'acétyl-m-anisidine dans 5cc. d'acide nitrique de D = 1.4 refroidi, puis laissant monter la température d'elle-même et chauffant au bain-marie, jusqu'à dégagement de vapeurs nitreuses. 65°, et versant sur de la glace, nous avons obtenu un précipité plus ou moins résineux. qui se réduit en poudre au bout de quelques heures. Ce précipité, brun jaunâtre (rendement 65 %), renferme deux composés qui peuvent être séparés par ébullition avec de la ligroïne, ce sont les *nitro-4* et *nitro-6-acétyl-m-anisidines :*



La partie soluble à chaud dans la ligroïne a été, après évaporation de ce dissolvant, reprise par l'eau bouillante de laquelle elle cristallise en aiguilles blanches, f. à 125°. C'est la *nitro-4-acétyl-m-anisidine :*

$$C^6H^3 \cdot \underset{(1)}{OCH^3} \cdot \underset{(3)}{NH} \cdot C^2H^3O \cdot \underset{(4)}{NO^2}$$

[1] *Gaz. chim.*, 1887, t. 17, p. 493.
[2] *Chem. Soc.* T 89, p. 927.
[3] *Rec. trav. chim.*, P. B. t. 24, p. 43.

0.0776 gr. Subst. ont donné 9.98 cc. N (20° ; 743 mm.)
Calculé pour $C^9H^{10}O^4N^2$ ... N = 13.33 %
Trouvé ..... N = 13.59 %

Cette combinaison, très soluble dans l'alcool et dans l'acide acétique est identique à celle qui a été préparée par Meldola[1] en acétylant la nitro-4-m-anisidine.

Elle fournit par saponification au moyen de l'acide sulfurique concentré ou de l'acide chlorhydrique dilué, cette base, f. à 129°. laquelle est identique au dérivé obtenu par Bantlin[2] en faisant réagir l'ammoniaque sur le dinitro-3-4 anisol et par Meldola en méthylant le nitro-4-acétyl-m-aminophénol et saponifiant.

Ce dérivé peut être facilement diazoté par la méthode habituelle ; en copulant la solution diazoïque avec le β-naphtol, nous avons obtenu le : *méthoxy-1-nitro-4-azo-3-β-naphtol*

$$C^6H^3 \cdot \underset{(1)}{OCH^3} \cdot \underset{(4)}{NO^2} \cdot \underset{(3)}{N} = N \cdot C^{10}H^6 \cdot OH(\beta)$$

en aiguilles rouges, difficilement solubles, f. à 202°.

0.1175 gr. Subst. ont donné 14.7 cc. N (22° ; 714 mm.)
Calculé pour $C^{17}H^{13}O^4N^3$ .. N = 13.00 %
Trouvé ..... N = 13.23 %

Le résidu insoluble dans la ligroïne donne par cristallisation dans l'eau la *nitro-6-acétyl-m-anisidine :*

$$C^6H^3 \cdot \underset{(1)}{OCH^3} \cdot \underset{(3)}{NH} \cdot C^2H^3O \cdot \underset{(6)}{NO^2}$$

en belles aiguilles dorées, f. à 165°, solubles dans l'alcool et dans l'acide acétique.

0.2220 gr. Subst. ont donné 26.56 cc. N (18° ; 740 mm.
Calculé pour $C^9H^{10}O^4N^2$ ... N = 13.33 %
Trouvé ..... N = 13.39 %

Cette combinaison après avoir été saponifiée par l'acide chlorhydrique à 5 %, fournit la *nitro-6-m-anisidine*, en aiguilles

[1] *Chem. Soc.* t. 89, p. 924.
[2] *Ber. d. D. chem. Ges.* t. XI, p. 2106.

jaunes f. à 169°, qui subliment facilement et sont bien solubles dans l'alcool et dans l'acétone.

0.1120 gr. Subst. ont donné 17.78 cc. N (20°; 708 mm.
Calculé pour $C^7H^8O^3N^2$.... N = 16.67 %
Trouvé..... N = 16.81 %

La constitution du dérivé acétylé a été établie par le fait qu'il donne par nitration subséquente la *dinitro-4-6-acétyl-m-anisidine* f. à 146°, dont la constitution a été établie par Meldola[1].

En nitrant l'acétyl-m-anisidine en solution acétique, nous avons obtenu un troisième isomère qui se forme en même temps que les deux précédents, mais en très petite quantité.

Nous avons introduit peu à peu 25 cc. d'acide nitrique de D = 1.4 dans une solution refroidie de 5 gr. d'acétyl-m-anisidine dans 25 cc. d'acide acétique, puis coulé sur de la glace. Il se forme un précipité verdâtre qui est constitué par un mélange renfermant environ :

3 gr. de nitro-4-acétyl-m-anisidine
0.8 — nitro-6-acétyl-m-anisidine
0.2 — nitro-2-acétyl-m-anisidine

Après avoir extrait le dérivé nitré en 4 par la ligroïne, on dissout le résidu dans l'eau chaude, le premier dépôt qui se forme et que l'on doit filtrer rapidement, est constitué par le dérivé nitré en 2, tandis que le dérivé nitré en 6 cristallise ensuite. On obtient donc au moyen de cette cristallisation fractionnée, un peu délicate à effectuer, le nouveau dérivé, la *nitro-2-acétyl-m-anisidine* sous la forme d'une poudre cristalline brunâtre, f. à 265°.

0.0813 gr. Subst. ont donné 9.94 cc. N (20° ; 738.6 mm.)
Calculé pour $C^9H^{10}O^4N^2$... N = 13.33 %
Trouvé..... N = 13.52 %

Ce composé soluble dans l'alcool, l'acétone et le benzène, sublime très facilement et fournit par saponification au moyen de l'acide chlorhydrique à 5 % la *nitro-2-m-anisidine* :

$$\underset{(1)}{C^6H^3} \cdot \underset{(3)}{OCH^3} \cdot \underset{(2)}{NH^2} \cdot NO^2$$

[1] *Chem. Soc.* t. 89, p. 927.

en aiguilles jaune citron, f. à 143° ; la petite quantité que nous en avons obtenue ne nous a pas permis d'en faire l'analyse, mais la constitution de cette base découle du fait que tous les autres isomères étant connus, il ne reste pas d'autre formule possible pour ce quatrième dérivé mononitré de la m-anisidine.

Un seul *dérivé dinitré* de la m-anisidine a été préparé par nitration directe, c'est la *dinitro-4-6-m-anisidine* obtenue par Meldola en nitrant l'acétyl-m-anisidine avec l'acide nitrique de D = 1.52. Il avait été aussi préparé par le même auteur en méthylant le dinitro-4-6-amino-3-phénol, et saponifiant la combinaison ainsi préparée. Nous avons trouvé que si l'on opère cette nitration en présence d'anhydride acétique, il se forme, suivant les conditions, non seulement le dérivé ci-dessus, mais encore les isomères dinitrés en 2-4 et en 2-6.

Nous avons introduit peu à peu 5 cc. d'acide nitrique de D = 1.52 dans une solution de 1 gr. d'acétyl-m-anisidine dans 10 cc. d'anhydride acétique refroidi dans un mélange de glace et de sel, en laissant peu à peu monter la température jusqu'à + 10°. En coulant sur glace on obtient un liquide violet qu laisse déposer un précipité jaune grisâtre renfermant de la *dinitro-2-4-acétyl-m-anisidine* ainsi que l'isomère déjà connu *dinitré en 4-6*. On extrait le premier de ces isomères en reprenant à plusieurs reprises le précipité avec de l'eau, la portion la moins soluble fournit le second isomère.

La *dinitro-2-4-acétyl-m-anisidine :*

$$C^6H^2 \cdot \underset{(1)}{OCH^3} \cdot \underset{(3)}{NH} \cdot C^2H^3O \cdot \underset{(2)}{NO^2} \cdot \underset{(4)}{NO^2}$$

sublime facilement et cristallise dans l'eau en aiguilles légèrement colorées, f. à 202°, solubles dans l'alcool, l'acétone et le benzène, insolubles dans la ligroïne.

0.1283 gr. Subst. ont donné 18.80 cc. N (18° ; 746 mm.)
Calculé pour $C^9H^9O^6N^3$.... N = 16.47 %
Trouvé..... N = 16.53 %

La *dinitro-2-4-m-anisidine :*

$$C^6H^2 \cdot \underset{(1)}{OCH^3} \cdot \underset{(3)}{NH^2} \cdot \underset{(2)}{NO^2} \cdot \underset{(4)}{NO^2}$$

obtenue par saponification au moyen de l'acide sulfurique légèrement étendu, cristallise de l'alcool en aiguilles jaune canari, f. à 157° ; elle est identique au produit que Blanksma[1] a préparé en faisant réagir l'ammoniaque alcoolique sur le trinitro-2-3-4-anisol. Nous avons encore constaté que le dérivé diazoïque de notre composé donnait par décomposition avec l'eau l'*éther monométhylique de la dinitrorésorcine,* f. à 108° ;

$$C^6H^2 \cdot \underset{(1)}{OCH^3} \cdot \underset{(2)}{NO^2} \cdot \underset{(3)}{OH} \cdot \underset{(4)}{NO^2}$$

que ce même auteur avait obtenu en faisant réagir le carbonate de soude sur le trinitro-2-3-4-anisol.

En modifiant les conditions de la nitration, c'est-à-dire en réglant l'introduction de l'acide nitrique dans la solution de l'acétyl-m-anisidine dans l'anhydride acétique, de telle manière que la température reste toujours au-dessous de 0° et coulant dans l'eau nous avons obtenu un précipité duquel nous avons pu isoler, par extractions fractionnées à l'eau, trois isomères dinitrés.

En effet, en extrayant avec de l'eau à la température du bain-marie, on retire en premier lieu la dinitro-2-4-acétyl-m-anisidine ci-dessus, puis ensuite un produit, f. à 190°, qui est constitué par un nouvel isomère très probablement dinitré en 2-6 et enfin la dinitro-4-6-acétyl-m-anisidine.

La *dinitro-2-6-acétyl-m-anisidine :*

$$C^6H^2 \cdot \underset{(1)}{OCH^3} \cdot \underset{(3)}{NH} \cdot C^2H^3O \cdot \underset{(2)}{NO^2} \cdot \underset{(6)}{NO^2}$$

cristallise dans l'eau en aiguilles f. à 190°, sublimables, facilement solubles dans l'alcool, le benzène et l'acétone ; elle est plus soluble dans l'eau que le dérivé dinitré en 4-6 et moins soluble que le dérivé dinitré en 2-4.

0.0851 gr. ont donné 13.34 cc. N (20° ; 708 mm.)
Calculé pour $C^9H^9O^6N^3$.... N = 16.47 %
Trouvé..... N = 16.59 %

[1] *Chemisch Weekblad* t. 6, p. 85-88.

Le produit de saponification par l'acide chlorhydrique dilué et à chaud, la *dinitro-2-6-m-anisidine :*

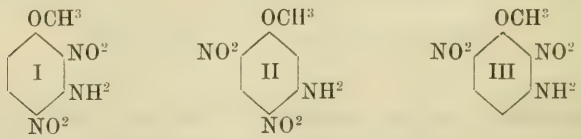
$$\underset{}{C^6H^2} \cdot \underset{(1)}{OCH^3} \cdot \underset{(3)}{NH^2} \cdot \underset{(2)}{NO^2} \cdot \underset{(6)}{NO^2}$$

cristallise dans l'alcool en aiguilles jaune foncé, f. à 146°, solubles dans l'acétone, moins facilement solubles dans l'alcool et difficilement solubles dans l'eau.

0.1312 gr. Subst. ont donné 24.65 cc. N (20° ; 708 mm.)
Calculé pour $C^7H^7O^5N^3$..... N = 19.71 %
Trouvé..... N = 19.88 %

La constitution probable de cet isomère est basée sur les considérations suivantes : en essayant de nitrer de nouveau le dérivé acétylé de la base, nous avons obtenu la dinitro-4-6-acétyl-m-anisidine, la molécule renferme donc un groupe nitro qui émigre.

D'autre part, on sait que les groupes « amino » et « méthoxy » dirigent les substituants en « ortho » et en « para » et que la nitration directe n'a pu conduire à la formation d'un dérivé nitré en 5 ; il est donc fort plausible de dire que les atomes d'hydrogène des positions 2, 4 et 6 sont seuls susceptibles d'être facilement remplacés par le groupe « nitro » et qu'il ne peut se former par nitration directe que les trois isomères dinitrés suivants :



dont les deux premiers étaient déjà connus. Il est donc probable que celui que nous venons de décrire correspond bien à la formule III.

Les dérivés dinitrés n'ont pas pu être nitrés davantage jusqu'ici. La dinitro-2-4-acétyl-m-anisidine de même que l'isomère en 2-6 fournissent par l'action de l'acide nitrique le dérivé dinitré en 4-6.

Il résulte de ces recherches que nous avons complété la série des dérivés mononitrés de la m-anisidine et que dans la série des dérivés dinitrés il manque encore ceux qui renferment les groupes « nitro » en 2-5, 4-5 et 5-6, qu'il faudra chercher à préparer par des méthodes indirectes, de même que les dérivés trinitrés complétement inconnus.

Laboratoire de chimie organique
de l'Université de Genève.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance générale annuelle du 15 janvier 1914

Aug. Bonna. Rapport annuel.

M. Aug. Bonna, président sortant de charge, donne lecture de son rapport sur l'activité de la Société pendant l'année 1913. Ce rapport contient en outre les biographies de trois membres honoraires : Amsler-Lafont, L. Cailletet, H. Ebert et rappelle la mémoire de trois associés libres décédés Ag. Boissier, Edm. Eynard et Sir Augustus Prevost.

Séance du 5 février

Th. Tommasina. La nouvelle mécanique d'après Max Abraham.
Fridtjof Lecoultre. Contribution à l'étude de la grêle.

M. Th. Tommasina. — *La nouvelle mécanique d'après Max Abraham.* — Quarante-neuvième Note *sur la physique de la gravitation universelle.*

« *La nouvelle mécanique* » c'est le titre du Mémoire que M. Max Abraham vient de publier,[1] où il se pose les questions suivantes : « Qu'est ce que la « nouvelle mécanique » et pourquoi la cultivons nous ? L'ancienne mécanique de Galilée et de Newton ne représente-t-elle donc pas exactement les mouvements des corps tant terrestres que célestes ? Certainement les principes de l'ancienne mécanique permettent de décrire les mouvements des masses sous l'influence de leur gravitation réciproque. Mais suffisent-ils encore lorsque les forces de l'électricité et du magnétisme, de la lumière et de la chaleur entrent en jeu ? » Puis l'auteur continue ainsi : « La mécanique a toujours *prétendu*

[1] Max Abraham. Die neue Mechanik. *Scientia.* Vol. XV, N. XXXIII-I-I-1914.

embrasser toutes ces forces. D'après elle, non seulement les notions de sa cinématique et de sa géométrie étaient fondamentales pour toute la physique, mais encore *tous les phénomènes naturels se ramenaient en dernière analyse, à des phénomènes de mouvement.* Cette tendance est à la base de la théorie cinétique des gaz ; Maxwell y céda aussi lorsqu'il esquissa sa théorie dynamique du champ électromagnétique. Maxwell put montrer que les forces électromotrices et pondéromotrices agissant entre deux circuits parcourus par un courant obéissent aux équations de Lagrange qui figurent dans la mécanique. Suivant la loi tracée par Maxwell, J. J. Thomson éleva les équations de Lagrange, et H. Helmholtz le principe de la moindre action, au rang de principes fondamentaux de toute la physique. Enfin H. Hertz, dans ses « Principes de mécanique », essaya de ramener toutes les forces matérielles à l'inertie de masses en mouvement. Selon lui, même là où l'on ne perçoit pas de matière, l'*espace est rempli de masses cachées* qui, accouplées ensemble, transmettent les forces d'un corps à l'autre ; d'après cela, *là ou des forces semblent agir à distance,* il faut toujours supposer des actions immédiates exercées par des masses cachées. Avec l'ouvrage postume de Hertz *se termine la phase d'évolution* qui veut subordonner toute la physique théorique aux principes de la mécanique, sans apporter à leur contenu des changements essentiels. La mécanique de Hertz *est restée un simple programme. Le chemin qu'elle a indiqué n'a pas été suivi.* » C'est moi qui a souligné pour fixer les points que je vais discuter. Avant tout je déclare que si l'on n'a pas suivi le chemin indiqué par Hertz c'est parce qu'on n'a pas tenu compte, pas reconnu l'importance, pas compris la valeur de ses notions fondamentales et surtout de ses intuitions, pourtant très clairement exprimées et nettement précisées par lui. J'ajoute que ce n'est pas là un progrès dont on doit se réjouir mais un arrêt fâcheux qui, je l'espère, ne sera pas de longue durée.

L'intuition géniale de Hertz, qui aurait dû servir de guide à ceux qui ont examiné la possibilité de l'application de sa mécanique aux vues théorique actuelles, est celle-ci :

« Dès que l'on aura établi la physique de l'éther basée sur la connaissance de sa nature intime on reconnaîtra très probablement que ses fonctions embrassent tous les phénomènes, celui de la gravitation compris. *Bientôt la physique moderne se demandera,* disait-il, *si toutes les choses existantes ne sont pas des modalités de l'éther.* » [1]

[1] H. Hertz. *Sur l'identité de la lumière et de l'électricité.* Congrès de Heidelberg. 1889.

M. H. A. Lorentz dans son Mémoire, que j'ai déjà eu l'occasion de citer, « Le partage de l'énergie entre la matière pondérable et l'éther »[1] dit que Kirchhoff ne laissait pas d'insister sur la haute importance de la fonction qui représente l'énergie du rayonnement qui existe dans l'unité de volume de l'éther. « En effet, ajoute M. Lorentz, l'existence d'un telle fonction universelle prouve que tous les corps pondérables doivent avoir quelque chose de commun, et le problème de découvrir en quoi cela consiste, a un charme particulier. » Mais, M. H. A. Lorentz, dans ce même mémoire, définissait ainsi l'éther « le milieu universel qui transmet la lumière et les actions électromagnétiques. » Or, la lumière est, elle aussi, une action électromagnétique, et l'éther en la transmettant la constitue. On doit considérer l'éther comme étant lui-même le milieu électromagnétique, à cause de ses fonctions universelles et perpétuelles. L'éther est le moteur universel, caché mais incessamment actif partout, l'activité qu'il transmet, donc qu'il possède, agit dans tous les phénomènes, y compris ceux des statiques, électriques et magnétiques, dans les états de repos apparent des corps, états qui nous semblent constants, comme ceux des cristaux, et, plus loin encore, dans les architectures individuelles des molécules des corps composés et dans celles des atomes des éléments chimiques. C'est d'après cette réalisation de l'intuition de Hertz, imposée par les faits examinés en cette série de Notes sur la physique du phénomène de la gravitation, que l'on doit reconnaître dès à présent que le programme de Hertz n'est pas destiné à rester un simple programme et que l'évolution hertzienne n'a pas terminé sa phase et continue, au contraire, sa marche précisément sur le chemin indiqué par Hertz, et non par Hertz seulement, comme je l'ai établi dans mes précédentes publications sur ce sujet. M. Max Abraham dit que la mécanique a toujours prétendu embrasser toutes les forces ; mais, elle doit les embrasser, parce qu'il n'y a pas de forces qui ne soient en dernière analyse mécaniques. Aucune physique n'est possible sans admettre l'espace rempli partout de masses cachées qui transmettent la force d'un corps à l'autre, voilà pourquoi Hertz a admis cela dans ses « Principes de Mécanique ». Ce sont les masses que j'ai appelées, *masses élémentaires* ou *masses-unités*, ce sont les *points matériels intra-électroniques* de mon éther constitué exclusivement d'électrons vibrants.

L'électrodynamique existe depuis un siècle, elle n'a pas détruit l'ancienne mécanique, elle y a introduit de nouveaux matériaux pour de nouvelles applications analytiques. En effet, l'électro-

[1] H. A. Lorentz. *Atti del IV Congresso internazionale dei Matematici* Rome, avril 1908.

dynamique, pas plus que la thermodynamique, ne saurait exister sans la cinématique fondamentale. Aujourd'hui l'électrodynamique a pris une plus grande étendue, il est déjà à prévoir qu'elle embrassera toute la physique, mais elle conservera comme base la cinématique. Le principe que tout phénomène est en dernière analyse un mode de mouvement reste une vérité axiomatique, et la nouvelle branche, la plus importante de la mécanique physique, sera celle qui étudiera le *rôle des vitesses corpusculaires*. Un tel principe ne pourrait disparaître de la science qu'à la condition d'être remplacé par les vertus occultes des scolastiques ; c'est ce que font ceux qui constituent une entité en se bornant à lui donner un nom ou un symbole et en lui attribuant des propriétés. C'est ce que font actuellement les mathématiciens, c'est ce que ne doivent pas faire les physiciens. Les mathématiciens ont l'habitude des symboles algébriques, nous devons l'avoir aussi, mais, tandis que pour eux la formule ou l'équation est tout, pour nous elle ne doit être qu'un langage abrégé, simplifié, pour le calcul du résultat de nos expériences. Nous savons parfaitement qu'il n'y a pas de symboles abstraits dans les phénomènes étudiés, mais des réalités concrètes qui ne peuvent être que des systèmes cinétiques plus ou moins compliqués, jamais simples. Nous savons que les forces ne sont pas des entités séparées de la matière, qu'aucune force ne peut se manifester ni exister là où il n'y aurait pas des points matériels en mouvement, que la force n'est que la valeur mécanique de la pression qui produit la transmission des mouvements, que tout mouvement nouveau est produit par d'autres mouvements préexistants, de façon que l'analyse physique doit et peut en suivre la genèse jusque dans l'électron. En effet, les propriétés électriques de l'électron ne sont pas de vertus métaphysiques, mais des propriétés dynamiques qui ne peuvent être que le résultat de l'activité des systèmes cinétiques tourbillonnaires des points matériels qui constituent l'électron.

Ce n'est qu'arrivée à cette limite extrême que la science doit reconnaître qu'elle ne peut pas aller plus loin, parce que les questions qui surgissent là, celles des essences, ne sont plus physiques mais métaphysiques, donc insondables par notre science expérimentale. C'est une borne infranchissable, c'est vrai, mais cette limite ne diminue pas notre champ qui reste infini, car cette borne est un point de départ et dans la direction de sa marche la science n'en rencontre plus, aussi ne s'arrêtera-t-elle jamais pour avoir tout expliqué. En attendant nous devons humblement reconnaître qu'elle n'est qu'à ses premiers pas.

Fridtjof Lecoultre. — *Contribution à l'étude de la grêle.*

Il y a quelques années étant de passage à Orbe j'ai eu l'occasion d'observer de cette ville un orage de grêle remarquable par son intensité et assez curieux pour qu'il mérite d'être décrit.

La météorologie n'étant pas mon domaine je me bornerai à communiquer les notes que j'ai prises en laissant aux spécialistes le soin d'en tirer les conclusions qu'ils jugeront utiles.

Orage du 12 juillet 1908. — 6 h. 30 soir. Après une journée particulièrement lourde et accablante le vent du sud-ouest se lève et le ciel alors parfaitement clair se couvre de strato-cumulus; d'abord faible il augmente bientôt d'intensité et les conditions météorologiques changent brusquement.

7 h. 40. Les strato-cumulus se fondent les uns dans les autres en prenant une couleur uniforme noir-bleuâtre. Au dessus du coteau fermant à l'est le marais de l'Orbe jaillissent presque sans interruption de violents éclairs toujours parallèles à l'horizon. Deux fois cependant la foudre tombe dans les environs de Chavornay.

7 h. 47. Une forte chute de grêle dont le bruit se fait vivement entendre s'abat au nord-est de ce village.

8 h. 05. En plein marais à l'ouest d'Ependes se forme une colonne curviligne *(A)* qui semble relier le ciel à la terre, elle se déplace lentement dans le sens du courant atmosphérique.

8 h. 15. Au sud-est d'Orbe dans le fond du marais trois de ces mêmes colonnes *(B)* se forment également les unes à côté des autres et avançent rapidement dans la direction de Chavornay. Beaucoup plus loin trois autres colonnes *(C)* plus larges et moins denses, qui ne sont peut-être que des colonnes de pluie, apparaissent derrière le coteau et fuyent rapidement dans le nord-est.

8 h. 20. Le vent par intervalles souffle très fort et donne l'impression que l'on ressent en plaçant son visage au-dessus d'une bouche à chaleur.

8 h. 30. Les trois colonnes *(B)* se rapprochent encore et finissent par se fondre les unes dans les autres. Les éclairs sont plus violents et verticaux à l'horizon. Ceux qui lui restent parallèles éclatent très haut et prennent une couleur rouge-grenat très caractéristique. Quelques uns de ces éclairs sont parfois réfléchis par les nuages et donnent l'illusion de deux étincelles suivant les mêmes courbes capricieuses. M. Georges Gaillard, professeur de Sciences naturelles au Collège d'Orbe m'a dit plus tard avoir également remarqué ce curieux phénomène de réflexion.

Les trois colonnes *(B)* après s'être réunies en une seule disparaissent presque, ou plutôt se confondent avec la couleur foncée du ciel.

Arrivée au-dessus de Chavornay, mais plus en arrière cette

colonne composite devient blanchâtre et présente l'aspect d'un cône tronqué dont la petite section touche la terre.

Quelques instants après, les nuages subitement attirés vers elle forment de grandes spires qui se déroulent de son sommet jusqu'au dessus du Jura soit sur une étendue d'environ 4000 mètres de rayon (voir figure).

Le bruit de la grêle se fait alors de nouveau entendre, mais avec moins d'intensité qu'à 7 h. 47. Peu après les spires se disloquent sous l'action du vent et prennent la forme de gigantesques *S*.

8 h. 45. Les éclairs augmentent encore de violence et jaillissent tous du sommet du cône *(B)*. Ils s'élèvent d'abord puis vont s'abattre sur le sol au sud-est de Chavornay accompagnés de formidables coups de tonnerre.

8 h. 46. Derrière le coteau au sud de Chavornay se forme un nouveau centre, mais moins important que le premier *(B)*. Il n'en fournit pas moins de nombreux éclairs.

8 h. 50. Au-dessus de la colonne *(B)* les spires ont disparu et les nuages forment autour d'elle un cercle obscur ouvert dans l'ouest. Parfois du sommet de cette colonne jaillissent de longues étincelles qui s'élancent sur la colonne *(C)* avec un fracas de tonnerre absolument formidable.

9 h. Les nuages reprennent leur forme de strato-cumulus. Quelques éclairs jettent encore leurs lueurs blafardes sur la plaine, mais l'orage cesse peu à peu.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Assemblée du 17 décembre 1913.

Wilczek. Bracelet de bronze datant de l'époque gauloise.
L. Horwitz. A propos de l'écoulement des eaux en Europe.

M. le professeur Wilczek présente un *bracelet de bronze datant de l'époque gauloise* (environ 450 ans avant notre ère) et trouvé dans le cimetière gaulois de St-Sulpice. Ce bracelet, qui lui a été remis par M. de Molin, a la particularité d'être tubulaire et de contenir une matière fibreuse, que M. Wilczek a pu déterminer être du bois de chêne. C'est la première fois qu'on trouve du bois à l'intérieur d'un bracelet. MM. de Molin et Wilczek supposent que le fabricant se sera servi de ce rameau de chêne comme moule et l'aura entouré d'une lame de bronze, qu'il aura ensuite travaillée.

M. L. Horwitz. — *A propos de l'écoulement des eaux en Europe.*

Le but de ce travail est de discuter et d'appuyer par des exemples pris en Europe, une relation entre le débit des cours d'eau d'un côté, les précipitations et la température de l'autre.

1° Les bassins hydrographiques de la plus grande partie des fleuves européens sont peu élevés. Les précipitations y tombent d'une manière prépondérante sous forme de pluie. Le débit des fleuves y sera donc égal à la quantité d'eau précipitée sur le bassin de réception, diminuée de la partie qui s'est évaporée (si nous ne tenons pas compte des facteurs secondaires). Dans une année humide, qui sera aussi fréquemment froide, il y aura tendance à ce que le débit sera plus grand que dans une année sèche, souvent chaude. En outre, la quantité d'eau évaporée sera plus grande *absolument* dans une année humide, mais moins grande *relativement* que dans une année sèche. Il s'ensuit dans le débit une

exagération du contraste entre une année humide et une année sèche, par rapport aux précipitations correspondantes. La vaste région ainsi caractérisée peut être nommée la *région des précipitations.*

2° Au contraire, dans les cours d'eau dont le bassin de réception est très élevé et en grande partie glacé, les précipitations se font presque entièrement sous forme de neige, et le débit du torrent est alimenté surtout par la fonte des glaces, donc dépend de la température. Or, la température a une tendance à être plus élevée dans une année sèche que dans une année humide. Il s'ensuit que souvent le débit du torrent glaciaire sera plus abondant dans une année sèche. Cette région, si restreinte en Europe, peut être nommée la *région de la température.*

3° Si maintenant, en restant dans les limites de la région des précipitations et suivant, par exemple, un grand fleuve comme le Rhin, nous remontons vers la région de la température, cette dernière commencera à influencer le régime du débit. Et il est facile de comprendre que souvent cette influence se traduira de manière à ce que le contraste entre le débit d'une année humide et d'une année sèche non seulement ne sera pas accentué, mais sera même diminué. On peut imaginer des perturbations analogues dans la région de la température, sous l'influence de la région des précipitations.

M. Horwitz a pu vérifier ces déductions par l'étude d'un certain nombre de statistiques dressées dans les diverses stations hydrométriques. Il cite entre autres: 1. Le bassin de l'Elbe (station Tetschen, région des précipitations avec contraste accentué). 2. Le bassin du Rhône glaciaire (station Gletsch, région de la température). 3. Le bassin du Rhin postérieur (station Rothenbrunnen, région des précipitations avec contraste atténué).

Pour ces calculs, M. Horwitz n'a pas considéré les années les unes après les autres, mais dans une période il a pris ensemble les années les plus humides et les années plus sèches que la moyenne, et a comparé ces deux groupes, éliminant ainsi dans une certaine mesure les facteurs de distribution inégale des précipitations et de la température.

Une étude plus détaillée de ces phénomènes paraîtra sous peu dans les *Comptes rendus de la Société scientifique de Varsovie.*

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Jean Perrin, prof. de chimie physique à la Faculté des Sciences de Paris, Les Atomes. — Librairie Félix Alcan.

Le livre qu'a publié récemment M. Jean Perrin sur les *Atomes* est un exposé aussi attrayant qu'instructif des principales conséquences auxquelles la notion toujours plus solide de la structure granulaire de la matière a conduit les physiciens au cours de ces dernières années. Dans une langue élégante et simple, avec un appareil mathématique réduit à dessein au strict minimum, mais en s'aidant parfois de comparaisons dont nous avons admiré l'ingénieuse élégance, l'auteur a réussi à faire comprendre sans jamais rien sacrifier de la vérité scientifique l'essence même des questions les plus délicates de cette mécanique statistique qui envahit de plus en plus les divers domaines de la physique moderne.

L'idée fondamentale qui domine le livre de M. Perrin, nous la trouvons dans sa préface.

Si l'on cherche à pénétrer plus intimément les phénomènes, il semble que l'on soit amené à reconnaître que le phénomène discontinu (en vertu même de la structure discontinue de la matière) devienne le cas général. La continuité n'est donc le plus souvent qu'une trompeuse apparence, due à l'imperfection de nos sens, de nos instruments ou de nos méthodes. La trajectoire des particules agitées par le mouvement brownien, dont on ne parvient pas à *résoudre l'irrégularité*, même à l'aide des appareils les plus puissants en est un exemple particulièrement saisissant.

Nous ne pouvons entrer ici dans le détail des diverses questions traitées par M. Perrin. Disons seulement qu'après avoir rappelé comment les notions d'atomes et de molécules se déduisent de l'expérience et avoir résumé les lois particulièrement simples des gaz parfaits et des dissolutions étendues, M. Perrin sans jamais quitter la conception fondamentale de l'agitation moléculaire et des équilibres statistiques développe les principales conséquences de la théorie cinétique des gaz, l'effusion, la diffusion etc. pour aborder ensuite et traiter en maître la question fondamentale du mouvement brownien.

C'est comme on sait, l'étude du mouvement brownien qui a per-

mis à M. Perrin de se rendre compte numériquement et en quelque sorte *de visu* de la réalité des hypothèses de la théorie cinétique des gaz et des conceptions atomiques et moléculaires qui en sont la base ; c'est grâce en particulier à ces travaux aujourd'hui classiques que les belles théories d'Einstein ont reçu du même coup la confirmation la plus éclatante.

Mais le livre de M. Perrin n'est pas limité à la seule étude du mouvement brownien et des émulsions ; il contient en outre l'exposé d'une série de questions actuelles qui se rattachent à la structure granulaire de la matière, de l'électricité ou de l'énergie ; quelques chapitres sont ainsi consacrés aux fluctuations, à la théorie des quanta ; aux électrons et aux transformations radioactives.

Il semble difficile de concevoir un exposé à la fois plus élégant, plus bref et plus soucieux de la vérité dans un domaine aussi délicat ; il fallait pour y parvenir que le savant eût reçu en don quelques-unes des brillantes qualités de l'artiste. Remercions donc M. Perrin d'avoir enlevé à ses recherches expérimentales quelques parcelles d'un temps précieux et de l'avoir consacré à l'œuvre qu'il livre aujourd'hui à la publicité ; le succès assuré de ce petit ouvrage ne manquera pas de prouver à son auteur que le temps voué à une œuvre de vulgarisation scientifique aussi élevée ne peut être qu'utile et fécond.

C.-E. G.

PHYSIQUE DU GLOBE

Charles Rabot et L. Muret. Supplément au xviie rapport sur les variations périodiques des glaciers. — *Annales de glaciologie*, 1913, t. VII, p. 191.

Nous avons rendu compte en son temps du rapport de MM. Muret et Mercanton sur les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses en 1913 (voir *Archives*, 1912, t. XXXVI, p. 293). Nous extrayons maintenant du rapport de MM. Rabot et Muret les renseignements suivants sur les glaciers des autres pays :

Alpes françaises. — En 1911, malgré l'intensité de la fusion due à une température excessive, les glaciers du versant français du Mt-Blanc accusent une tendance à une crue. Dans la première semaine de juillet 1911, sur quatre glaciers observés, deux étaient en progression marquée, un, stationnaire et un seul en légère décroissance.

Les glaciers observés dans la haute Maurienne continuent à décroître, mais très lentement.

Dans le Dauphiné, le mouvement général de recul s'est arrêté.

Toutes les conditions favorables à une crue, signalées depuis plusieurs années, continuent à se manifester.

Russie, Caucase et Altaï. — Les présentes comparaisons avec les années antérieures faisant encore défaut, la question de la crue ou de la décrue n'est qu'insuffisamment tranchée encore. La crue paraît dominer encore à peu près partout.

Amérique du Nord. — MM. Rabot et Muret reproduisent dans leur rapport les notes que leur a adressées M. Filding Reid, de Baltimore, sur la marche des principaux glaciers de ce continent. Comme les observations ne se rapportent pas aux mêmes années et aux mêmes séries d'années, et portent sur des régions très éloignées les unes des autres, il est impossible d'en tirer encore des conclusions générales du genre de celles auxquelles a conduit l'étude suivie et systématique des glaciers des grandes chaînes de l'Europe.

CHIMIE

P. Pfeiffer et E. Kramer. Contribution a la connaissance des nitro-tolanes. (*Ber. d. Deutsch. chem. Ges.*, t. 46, p. 3655-3662; Zurich, Université).

Les auteurs ont préparé le *p-p'* et l'*o-p-dinitrotolanes*, en partant des dérivés nitro-halogénés du stilbène. Lorsqu'on fait réagir le chlore sur le dinitrostilbène en suspension dans le chloroforme, il se forme un chlorure : $NO^2.C^6H^4.CHCl.CHCl.C^6H^4.NO^2$ qui, chauffé lui-même pendant 4 heures, en tube scellé à 170-180°, avec de la pyridine se transforme en *p-p'-dinitro-μ*-chlorstilbène : $NO^2.C^6H^4.CCl : CH.C^6H^4NO^2$. feuillets brillants, jaune d'or, f. 144°. En faisant réagir sur le premier de ces composés la potasse alcoolique on obtient le *p-p'-dinitro-tolane f. 211°*, dont le *bromure* f. à 244°. Les auteurs ont également préparé le *bromure de p-p'-dinitrostilbène,* déjà connu, f. 286-288° et ils ont fait réagir sur lui soit la pyridine soit la chaux sodée. Ils ont constaté que dans ces deux cas on régénère le *dinitrostilbène.* Quant à l'*o-p-dinitrolane* il a été préparé en chauffant 2 heures au bain-marie, 1 gr. d'o-p-dinitro-μ-bromstilbène avec une solution aqueuse et alcoolique de 1 gr. de carbonate de soude anhydre. Ce dérivé cristallise en jolies aiguilles prismatiques, jaunes, f. 112-112.5°. Il se colore peu à peu à l'air en orange, puis en rouge. L'acide sulfurique concentré le dissout en violet bleu foncé. Sa solution dans la pyridine exposée à la lumière solaire se colore en rouge orange et laisse déposer par concentration des feuillets rouge rubis de *nitrophényl-isatogène*, f. 205-206°, avec un rendement de 62 %. La solution dans l'éther du dinitrolane o-p, traitée par le brome fournit un *dibromure* f. 141-142°.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux concernant la Géologie de la Suisse, 1912

a) Minéralogie.

1. H. Baumhauer. Arsenoferrit, ein neues Glied der Pyritgruppe. *Zeitschrift f. Kryst.*, t. LI, H. 2, p. 143-145.

2. M. Del Grosso. Sopra una dolomite ferrifera del Traforo del Sempione. *Riv. Min. e. Crist. italiana,* t. XLI, p. 56-64.

3. L. Duparc et R. Sabot. Les méthodes de Fédorow. *Archives des Sc. phys. et nat.*, t. XXXIV, p. 5-19.

4. W.-J. Lewis. On an sulfarsenite from Binn, probably Liveingite. *C. R. Miner. Soc. of London.* Séance du 23 janvier 1912.

5. G. T. Prior. Analyses of Seligmannite, zinciferous Tennantite (Binnite) and Fuchsite from the Binnenthal. *Min. Mag*, t. XV, p. 385-387.

6. G. F. H. Smith. Anatas from the Binnenthal. *C. R. Miner. Soc. of London,* séance du 23 janvier 1912.

7. R. H. Solly. Dufrenoisite with Seligmannite from the Binnenthal. *Ibid.*, séance du 14 nov. 1911.

8. R. H. Solly and G. F. Smith. A new tricline Mineral from the Binnenthal. *Ibid.*, séance du 23 janvier 1912.

9. F. Zyndel. Ueber Quarzzwillinge von Seedorf (Uri). *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 166-168 et *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, Jahrg. 1912, 2ter Theil, p. 193-195.

b) Pétrographie.

10. A. Brun. Sur la génèse des granites. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 172-176.

11. A. Brun. Cristoballite simili ou Cristoballite Sigma. *Actes Soc. helv. des Sc. nat.*, année 1912, 2e partie, p. 200-201.

12. H. P. Cornelius. Petrographische Untersuchungen in den Bergen zwischen Septimer und Julierpass. *N. Jahrb. für Min. Geol. u. Pal.*, Beilageband XXXV, p. 375-498.

13. U. Grubenmann. Struktur und Textur der metamorphen Gesteine. *Fortschritte der Min. Kryst. und Petrogr.* B. II, p. 208-226.

14. U. Grubenmann. Ueber einige tiefe Gneisse aus den schweizer Alpen. *C. R. du 11e congrès géol. intern.*, 1910, p. 625-631.

15. U. Grubenmann. Mineral- und Gesteinsbildung auf dem Wege der Metamorphose. *Handwörterbuch der Naturwissenschaft*, t. VI, p. 934-944.

16. E. Gutzwiller. Zwei gemischte Hornfelse aus dem Tessin. *Zentralblatt f. Min. Geol. u. Pal.*, 1913, N° 12, p. 354-361.

17. E. Gutzwiller. Injektionsgneisse aus dem Kanton Tessin. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 5-64.

18. J. Kœnigsberger. Die Kristallinen Schiefer der zentralschweizerischen Massive und Versuch einer Einteilung der Kristallinen Schiefer. *C. R. 11e congrès intern. de géologie*, 1910, p. 639-671.

19. J. Koenigsberger. Ueber Gneissbildung und Aufschmelzungszone der Erdkruste in Europa. *Geol. Rundschau*, t. III, p. 297-308.

20. J. Koenigsberger. Ueber Analogien zwischen der ersten Zone der Westalpen und benachbarten Massive. *Ibid.*, t. III, p. 319-323.

21. J. Koenigsberger. Ueber Mineralfundorte in den Alpen und über Gesteinsmetamorphismus. *Zeitschrift der deutschen geol. Gesell.*, Jahrg, 1912, p. 501-529.

c) Géophysique.

22. A. Buxtorf. Bemerkungen zur Abhandlung von W. Paulcke: Kurze Mitteilung über tektonische Experimente. *Jahresber. u. Mitteil des oberrhein. geol. Vereins*, N. F., t. II, H. 1, p. 153-157.

23. F.-A. Forel, E. Muret et P.-L. Mercanton. Les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses. 32e rapport 1911. *An. du S. A. C.*, t. XLVII, p. 231-248.

24. J. Früh. Bericht der Erdbebenkommission für das Jahr 1911-1912, *Verh. der Schweiz. naturf. Gesell.*, 95te Jahresvers., Altdorf, 2ter Theil, p. 97-100.

25. R. de Girard. Recherches de tectonique expérimentale. *Ann. de l'Inst. géol. de l'Univ. de Fribourg,* 1912, 63 p., 12 pl.

26. Alb. Heim. Bericht der Gletscherkommission für das Jahr 1911-1912. *Verh. der Schweiz. naturf, Gesell.*, 1912, 2ter Theil, p. 103-106.

27. Arn. Heim und P. Arbenz. Karrenbildungen in den Schweizer Alpen. *Geolog. Charakterbilder* von H. Stilli, H. 10, Berlin 1912.

28. L. Horwitz. Quelques rapprochements entre le climat, la glaciation et l'écoulement dans le bassin du Rhin alpin *C. R. Soc. vaud. des Sc. nat.*, séance du 10 janvier 1912. *Archives des Sc. phys. et nat.*, t. XXXIII, p. 452 454.

29. R. Lauterborn. Wirkungen des Erdbebens vom 16 Nov. 1911 unter dem Spiegel des Bodensees *Jahresber. und Mitteilungen des oberrhein geol. Vereins,* N. F. T. II, p. 10.

30. M. Lugeon. Les sources thermales de Louèche-les-Bains (Valais). *Mat. carte géol. de la Suisse.* N. S. Livr. XXXVIII, 29 p., 2 pl.

31. P.-L. Mercanton. L'enneigement des Alpes en 1911. *C. R. Soc. vaud. des Sc. nat.*, séance du 6 mars 1912. *Archives des Sc. phys. et nat.*, t. XXXIV, p. 81-82.

32. W. Paulcke. Das Experiment in der Geologie. *Festschrift zur Feier des Geburtstages S. K. H. des Grossherzogs von Baden*, herausgegeben von der Techn. Hochschule Karlsruhe, 1912.

33. H. Philipp. Bemerkungen über die Karren der Rhön und die Entwickelung der Karren im allgemeinen. *Centralblatt für Min., Geol. u. Pal.*, 1911, N° 23, p. 705-718.

34. Ch. Rabot et E. Muret. Les variations périodiques des glaciers, 17e rapport, 1911, *Ann. de Glaciologie*, t. VII, p. 37-47.

35. G. Roessinger. Le glissement de la Recorne. *Rameau de Sapin*, sept. 1911, janvier, mars et mai 1912.

36. G. Rüetschi. Vorläufige Mitteilung über die Veränderungen des Unterseebeckens durch das Erdbeben vom 16 Nov. 1911. *Jahresb. und Mitteil. des oberrhein. geol. Ver.*, N. F., t. II, H. 1, p. 108-118.

37. W. Salomon. Die oberrheinischen Erdbeben und das Beben vom 16 Nov. 1911. *Naturwis. Wochenschrift,* N. F., t. XI, N° 6, p. 81-84.

38. W. Schmidle. Beobachtungen über das Erdbeben vom 16 Nov. 1911 in Konstanz. *Jahresber. u. Mitteil. des oberrhein. Geol. Ver.*, N. F., t. II, H. 2, p. 6-9.

d) Tectonique. — Descriptions régionales.

Généralités.

39. Alb. Heim u. A Aeppli. Bericht der geologischen Kommission für das Jahr 1911-1912. *Verh. der schweizer. naturf. Gesell.*, 95. Jahresvers., Altdorf. 1912, 1ter Theil, p. 87-92.

40. H. Schardt. Neue Gesichtspunkte der Geologie. *Mitteil der naturw. Gesell. Winterthur.* H. IX, 1911-1912, 15 p.

41. J. Weber. Geologische Wanderungen durch die Schweiz, *herausgegeben vom S. A. C.*, 1912. Volume in-8° de 256 p.

Alpes.

42. P. Arbenz. La structure des Alpes de la Suisse centrale. *Archives des Sc. phys. et nat.*, t. XXXIV, p. 401-425, 2 pl.

43. P. Arbenz. Der Gebirgsbau der Zentralschweiz. *Verh. der schweiz naturf. Gesell.* 95. Jahresvers., 1912, 2ter Theil, p. 95-122, pl. 1 et 2. Résumé dans *Protokolle der naturf. Gesell. Zürich*, Sitzung des 4 Dez. 1911.

44. P. Arbenz und W. Staub. Programm der Exkursionen der schweiz. geolog. Gesellschaft ins Wildflyschgebiet am Ausgang des Schächentales und in die Gegend zwischen Engelberg und Meiringen. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 183-188.

45. E. Argand. Les nappes de recouvrement des Alpes occidendentales. 1 carte d'ensemble au 1 : 500,000 et 3 planches de profils. *Mat. carte géol. de la Suisse*, 1912.

46. E. Argand. Phases de déformation des grands plis couchés de la zone pennique. *C. R. Soc. vaud. des Sc. nat.*, séance du 21 février 1912. *Archives des Sc. phys. et nat.*, t. XXXIV, p. 80-81.

47. E. Argand. Encore sur les phases de déformation des plis couchés de la zone pennique. *Ibid.*, séance du 6 mars 1912 et *Ibid.*, t. XXXIV, p. 85-86.

48. E. Argand. Le rythme du proplissement pennique et le retour cyclique des encapuchonnements. *Ibid.*, séance du 20 mars 1912, et *Ibid.*, t. XXXIV, p. 87-88.

49. E. Argand. Sur le drainage des Alpes occidentales et les influences tectoniques. *Ibid.*, séance du 3 avril 1912, et *Ibid.*, t. XXXIV, p. 173-175.

50. E. Argand. Le faîte structural et le faîte topographique des Alpes occidentales. *Ibid.*, séance du 17 avril 1912, et *Ibid.*, t. XXXIV, p. 367-369.

51. P. Beck. Die Niesen-Habkern-Decke und ihre Verteilung im helvetischen Faciesgebiete. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 65-147.

52. P. Beck. Ueber die Entstehung der Beaten- und Balmfluhhöhlen am Thunersee und die Geologie ihrer Umgebung. *An. du S. A. C.*, t. XLVII, 1912, p. 217-230.

53. M. Blumenthal. Der Calanda. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz.* N. F., Lief. XXXIX, 48 p., 2 pl., 1912.

54. J. Boussac. Remarque à propos du massif cristallin ligure. *C. R. des séances, Soc. géol. de France*, 1912, N° 13, p. 108-109.

55. A. Buxtorf, Ueber die geologischen Verhältnisse des Furkapasses und des im Bau befindlichen Tunnels. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 176-178. *Verh. der schw. naturf. Gesell.* 95. Jahresvers., 1912, 2ter Theil, p. 201-203.

56. A. Buxtorf. Bericht über die Exkursion der schweiz. geol. Gesellschaft ins Flyschgebiet des unteren Schächentales. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 188-194.

57. A. Buxtorf. Neuaufnahme des Westendes der Axenkette und des Isentales. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 164-166. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 95. Jahresvers., 1912, 2ter Theil, p. 190-193.

58. H.-P. Cornelius. Ueber die rhätische Decke im Oberengadin und in den südlich benachbarten Gegenden. *Centralblatt für Min. Geol. u. Pal.*, 1912, N° 20, p. 632-638.

59. W. Deecke. Die alpine geosynclinale. *N. Jahrbuch f. Min. Geol. u. Pal.*, Beilageband XXXIII, H. 3, p. 831-858.

60. B.-G. Escher. On an essential condition for the formation of overthrust-covers. *Koninklyke Akad. van Wettenschappen te Amsterdam*, C. R., séance du 24 février 1912, 8 p.

61. F. Heritsch. Das Alter des Deckenschubes in den Ostalpen. *Sitzungsber, der K. K. Akad. der Wiss. Wien, math. naturw. Klasse*, t. CXXI, Abt. 1, p. 615-632.

62. A. Jeannet. Carte géologique des Tours d'Aï et des régions avoisinantes au 1 : 25,000. *Mat. carte géol. de la Suisse*, carte spéciale N° 68, 1912.

63. E. Ketterer. Das Massiv der Arpille und die Kohlenmulde von Salvan. *Inaug. Dissert. Univ. Fribourg*, 1912, 54 p., 8°.

64. M. Lugeon. Sur la tectonique de la nappe de Morcles et ses conséquences. *C. R. Acad. des Sc., Paris*, séance du 30 septembre 1912. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 180-182. *Actes Soc. helvét. des Sc. nat.*, 95e réunion, 1912, 2e partie, p. 207.

65. H. Mylius. Die Schuppen und Quetschzonen des Rhæticon. *Centralblatt für Min. Geol. u. Pal.*, 1912, N° 24, p. 781-784.

66. P. Niggli. Die Chloritoïdschiefer und die sedimentäre Zone am Nordostrande des Gotthardmassives. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, N. F. Lief. XXXVI, 94 p., 2 pl.

67. P. van der Ploeg. Geologische Beschreibung der Schlossberg-Spannortgruppe. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 194-245, 1 carte au 1 : 50.000 et 5 pl.

68. H. Preiswerk. Structur der nördlichen Tessineralpen. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 169-172, *Verh. der schweiz. naturf. Gesel.*, 95. Jahresvers., 1912, 2ter Theil, p. 197-200.

69. A. Rothpletz. Zur Stratigraphie und Tektonik des Simplongebietes. *Zeitschrift der deutschen geol. Gesell.*, t. LXIV, 1912, Monatsbericht 4, p. 218-225.

70. A. Rothpletz. Eine 2te vorläufige Mitteilung im Anschluss an die vom 16. März über das Simplongebiet. *Ibid.*, Monatsbericht 11, p. 545-548.

71. H. Seeber. Beiträge zur Geologie der Faulhorngruppe (westlicher Theil) und der Männlichengruppe. *Inaug. Dissert. Univ. Bern*, 1911, 143 p. in-8°, 7 pl.

72. W. von Seidlitz. Sind die Quetschzonen des westlichen Rhaeticon exotisch oder ostalpin. *Centralblatt f. Min. Geol. u. Pal.*, 1912. N° 16, p. 492-500, und N° 17, p. 534-542.

73. W. Staub. Gebirgsbau und Talbildung im Maderanertal und Schächental (Uri). *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 148-151.

74. W. Staub. Bau der Gebirge zwischen Schächental und Maderanertal. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 162-164. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 95te Jahresvers., 1912, 2ter Theil, p. 188-190.

75. W. Staub. Beobachtungen am Ostende des Erstfeldermassives. *Geol. Rundschau*, t. III, p. 310-319.

76. A. Stella. Sulle condizioni geologiche di una galeria dello Spluga. *Boll. Soc. geol. italiana*, t. XXX, fasc. 4, p. 961-968, 1912.

77. T. Taramelli. A proposito del giacimento carbonifero di Manno presso Lugano. *R. C. del Ist. lombardo di Sc. e Lett.*, t. XLV, p. 720, 1912.

78. D. Trümpy. Zur Tektonik der unteren ostalpinen Decken Graubündens. *Vierteljahresschrift der naturf. Gesell. Zürich*, Jahrg. LVIII, 1912, 9 p.

79. O. Wilckens. Neuere Fortschritte in der geologischen Erforschung Graubündens. *Geol. Rundschau*, t. III, H. 1, p. 15-29.

80. O. Wilckens. Neuere Arbeiten über die Voralpen zwischen Genfer und Thuner See. 1906-1911. *Ibid.*, t. III, H. 5/6, p. 374-382.

81. Bailey Willis. Report on an investigation of the geological structure of the Alps. *Smithsonian Miscel. Coll.*, t. LVI, N° 31, 13 pp., 1912.

82. F. Zyndel. Ueber den Gebirgsbau Mittelbündens. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, N. F. Lief. XLI, p. 1-40, 4 pl.

Jura et Plateau molassique.

83. E. Brändlin. Ueber tektonische Erscheinungen in den Baugruben des Kraftwerkes Wyhlen-Augst am Oberrhein. *Mitteil. der grossherz. bad. geol. Landesanstalt*, t. VI, H. 2, p. 735-743, pl, 31-34.

84. L. Braun. Der Tafeljura zwischen Aare und Fricktal. *Jahresber. des oberrhein. geol. Vereins*, N. F., t. II, 1912, H. 2, p. 39-43.

85. S. von Bubnoff. Zur Tektonik des schweizer Jura, Ergebnisse und Probleme. *Jahresber. des oberrhein. geol. Vereins.* N. F., t. II, H. 1, p. 103-107.

86. L. Collot. Feuille de Pontarlier. *Bull. Carte géol. de France*, N° 132, t. XXI, Mai 1912, p. 63-79.

87. W. Delhaes und H. Gerth. Geologische Beschreibung des Kettenjura zwischen Reigoldswil und Oensingen. *Geol. u. Paleont. Abhandl.*, N. F., t. XI, H. 1, p. 1-97. 1 carte au 1 : 25,000, 8 pl.

88. K. Disler. Geologische Skizze von Rheinfelden. *Jahresber. des oberrhein. geol. Vereins*, N. F., t. II, H. 2, p. 19-34.

89. E. Joukowsky et J. Favre. Note préliminaire sur la Tectonique de la partie orientale de la chaîne du Salève. *Archives des Sc. phys. et nat.*, t. XXXIII, p. 535-537.

90. F. Mühlberg. Ueberschiebungen und Verwerfungen in den Clusen von Oensingen und Mümliswil. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 168-169. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 95te Jahresvers., 1912, 2ter Theil, p. 195-197.

91. P. Niggli. Geologische Karte von Zofingen zu 1 : 25000. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, Spezialkarte 65, 1912.

92. P. Niggli. Das kristalline Grundgebirge bei Laufenburg. *Jahresber. des oberrhein. geol. Ver.*, N. F., t. II, 1912, H. 2, p. 35-38.

93. F. Schalch. Geologische Spezialkarte des Grossherzogthums Baden : Blatt Stühlingen, mit Erläuterungen. *Heidelberg*, 1912.

94. W. Schmidle. Zur Geologie des Untersees. *Jahresb. des Oberrhein. geol. Ver.* N. F., t. II, 1912, H. 1, p. 29-53.

e) Stratigraphie et Paléontologie.

Trias.

95. H. Reich. Ueber ein neues Vorkommen von Fossilien im Servino des Luganer Sees *Centralblatt. f. Min. Geol. und Pal.*, 1912, N° 22, p. 702-704.

96. M. Weigelin. Hauptsteinmergel und Gansinger Horizont in der Umgebung von Basel. *Jahresber. des oberrhein. geol. Ver.* N. F., t. II, 1912, H. 3, p. 19-20.

Jurassique.

97. F. Favre. Contribution à l'étude des Oppelia du Jurassique moyen. *Mém. Soc. paléont. suisse,* t. XXXVIII, 1912, p. 1-33, 1 pl.

98. A. Jeannet. Etudes stratigraphiques des Préalpes vaudoises (Stratigraphie de la nappe rhétique). *Dissert. Fac. des Sc. Univ. Lausanne.* 105 p. 4°, 2 pl.

99. M. Lugeon. Tortue fossile de l'Oxfordien du Tanneverge (Massif Tour Saillère, Bas Valais). *C. R. Soc. vaud. des Sc. nat.*, séance du 21 février 1912. *Archives des Sc. phys. et nat.*, t. XXXIV, p. 79-80.

100. L. Rollier. Fossiles nouveaux ou peu connus des terrains secondaires du Jura et des contrées environnantes, 2e partie. *Mém. Soc. paléont. suisse*, t. XXXVIII, p. 35-148, pl. 5-12.

Crétacique.

101. E. Ganz. Stratigraphie der mittleren Kreide der oberen helvetischen Decken in den nördlichen Schweizeralpen. *N. Denckschriften der Schw. naturf. Gesell.*, t. XLVII, Abh. 1. p. 1-149, 20 fig., 6 pl.

102. W.-A. Keller. Die autochtone Kreide auf Bifertenstock und Selbsanft. *Beitr. z. geol. Karte der Schweiz*, N. F., Lief. XLII, 20 p., 1 carte au 1 : 15000, 2 pl.

103. L. Rollier. Ueber die obercretacischen Pyritmergel der Schwyzeralpen. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 178-180. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 95te Jahresvers., 2ter Theil, p. 203-207.

Tertiaire.

104. J. Boussac. Etudes paléontologiques sur le Nummulitique alpin. *Mém. Carte géol. de France*, 1911, 439 p. 4° avec 22 pl.

105. J. Boussac. Etudes stratigraphiques sur le Nummulitique alpin. *Ibidem*, 1912, 692 p. 4° avec 20 pl.

106. A. Buxtorf. Dogger und Meeressand am Röttler Schloss bei Basel. *Mitteil. der grossherzog. bad. Landesanstalt*, t. VII, H. 1, 1912, p. 57-83.

107. W. Kranz. Das Alter der Sylvanaschichten II. *Jahresber. des oberrhein. geol. Ver.*, N. F., t. II, 1912, p. 11-18.

108. L. Rollier. Nouvelles études sur les terrains tertiaires et quaternaires du Haut Jura. *Actes Soc. jurassienne d'émulation*, Année 1910-1911, 45 p.

109. W. Schmidle. Ueber Gerölle in der marinen Molasse bei Ueberlingen. *Mitteil. der grossherz. bad. Landesanstalt*. t. VII, H. 1, p. 25-54.

110. H.-G. Stehlin. Die Säugethiere des schweizerischen Eocäns. 7ter Theil, 1te Hälfte. *Abh. der schweiz. pal. Gesell.*, t. XXXVIII, 134 p., 46 fig.

Quaternaire.

111. A. Baltzer. Die in der Nähe des Iseosees vorkommenden Blättermergel von Pianico-Sellere. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 181-183. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 95te Jahresvers., 2ter Theil, p. 207-208.

112. C.-A.-R. Behmer. Die erratischen Blöcke in der Freiburger Ebene. *Inaug. Dissert. Univ. Freiburg (Schweiz)*, 1912, 66 p.

113. Biermann. La partie inférieure de la vallée de Tourtemagne. *C. R. Soc. vaud. des Sc. nat.*, séance du 6 décembre 1911, *Archives des Sc. phys. et nat.*, t. XXXIII, p. 363-364.

114. E. Brückner. Gliederung der diluvialen Schotter in der Umgebung von Basel. *Zeitschrift. f. Gletscherkunde*, t. VI, p. 350-351.

115. R. Frei. Monographie des schweizerischen Deckenschotters. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, N. F., Lief. XXXVII, 182 pp., 1 tabelle, 6 pl.

116. R. Frei. Ueber die Ausbreitung der Diluvialgletscher in der Schweiz. *Ibid.*, Lief. XLI, p. 41-59. avec 1 carte au 1 : 1,000,000.

117. Ed. Gerber. Der Tunnel des Electricitätswerkes Niederried-Kallnach. *Mitteil. der naturf. Gesell. Bern.* Jahrg. 1912, 7 p., 1 pl.

118. Ed. Gerber, B. Aeberhardt und F. Nussbaum. Bericht der Kommission für Erhaltung erratischer Blöcke im Kanton Bern, über ihre Tätigkeit im Jahre 1911. — *Mitteil. der naturf. Gesel. Bern.*, Jahrg. 1912, p. 277-283.

119. D. Geyer. Helix arbustorum L. und das Klima der Loessperiode. *Jahresber. des oberrhein. geol. Vereins*, N. F., t. II, 1912, H. 1, p. 66-76.

120. A. Gutzwiller. Die Gliederung der diluvialen Schotter in der Umgebung v. Basel. *Verh. der naturf. Ges. Basel.*, t. XXIII, 19 pp.

121. H. Hartmann. Neue Höhle mit prähistorischen Funden nahe der Beatushöhle bei Interlaken. *Mitteil. für Höhlen-Kunde,* Jahrg. IV, H. 4, 1911.

122. Fr. Jaccard. Une petite hache en diorite, *C. R. Soc. vaud. des Sc. nat.*, séance du 20 décembre 1911. *Archives des Sc. phys. et nat.*, t. XXXIII, p. 368-369.

123. A. Ludwig. Ueber die Vorgänge bei der Talbildung. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 245-264.

124. E. de Martonne. L'évolution des vallées glaciaires alpines en particulier dans les Alpes du Dauphiné. *Bulletin de la Soc. géol. de France*, 4e série, t. XII, fasc. 7, p. 516-549.

125. F.-C. Müller. Die diluvialen Kohlen in der Schweiz. *Zeitschrift f. prakt. Geol.*, Jahrg. XX, 1912, H. 8, p. 289-300.

126. J. Nuesch. Die Nagethierschichten am Schweizersbild. Eine Richtigstellung der Angriffe auf das Letztere. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 95te Jahresvers. 1912, 2ter Theil, p. 241-251.

127. F. Nussbaum. Die Landschaften des bernischen Mittellandes. *Mitteil. der naturf. Gesell. Bern*, Jahrg. 1912, p. 229-276.

128. E. Pittard. Atlas des stations lacustres des lacs de Genève, Neuchâtel, Morat, Bienne, Zurich et de la Suisse préhistorique. *Attinger frères, Neuchâtel*, 1912, 16 p., 9 cartes.

129. W. Salomon. Ueber zwei Altersverschiedene Moränen am Monte Bre bei Lugano. *Geol. Rundschau*, t. III, H. 5/6, p. 416.

130. Ed. Scheibener. Die Schieferkohlen von Mörswil. *Jahresb. des oberrhein. geol. Ver.*, N. F., t. II, H. 3, p. 30-54.

131. H. von Staff. Zur Morphogenie der Präglaciallandschaft in den westschweizer Alpen. *Zeitschrift der deutsch. geol. Gesell.*, t. LXIV, 1912, p. 1-80.

132. L. van Wervecke, Nochmals die Mittelterrasse Steinmanns. Gliederung des Loess. *Mitteil. der geol. Landesanstalt Elsass-Lothr.*, t. VIII, H. 1, p. 137-152.

f) Bibliographies et Biographies.

133. H. Blanc. Le Prof.-Dr François-Auguste Forel. 1841-1912. *Actes Soc. helvét. des Sc. nat.*, année 1912, 1re partie, p. 110-148.

134. A. Heimann. Dr Berchtold Aeberhardt, 1872-1912. *Ibid.*, p. 167-170.

135. Ch. Sarasin. Revue géologique suisse pour l'année 1911. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 265-452.

136. O. Stoll. Dr Jakob Heierli, 1853-1912. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 95te Jahresvers, 1912, 1ter Theil, p. 152-166.

MESURES DU COURANT ÉLECTRIQUE

PASSANT DE

L'ATMOSPHÈRE A LA TERRE

faites simultanément à Fribourg et à Altdorf

Pour l'étude de l'électricité atmosphérique, M. le prof. Gockel, à Fribourg, et le recteur Huber, à Altdorf, se sont mis d'accord pour faire des observations simultanément et à des jours fixés d'avance.

La méthode employée est la même aux deux localités. Le *gradient du potentiel* est obtenu au moyen d'un électromètre d'après Wulf. Une tige de fer galvanisé de deux mètres de longueur est fixée perpendiculairement à une fenêtre du premier étage, isolée par un bloc de soufre et reliée à l'électromètre par un fil de cuivre. A l'extrémité de la tige se trouve le collecteur à Polonium. Les lectures sont faites à l'intérieur de la chambre.

Pour les observations *de la conductibilité de l'air*, l'électromètre chargé est placé dans un pavillon ouvert pour le protéger contre le champ électrique de la terre. Une tige noircie, fixée sur l'électromètre, sert de *moyen de dispersion des ions*. Les valeurs des conductibilités positives et négatives (λ_+ et λ_-) sont calculées suivant la formule

$$\lambda = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{Z + C}{Z} \cdot \frac{1}{t_2 - t_1} \log \text{nat.} \frac{V_1}{V_2},$$

où Z = la capacité de la tige de dispersion,

C = la capacité de l'électromètre,

$t_2 - t_1$ = la durée de l'observation.

V_1 = le potentiel au commencement et V_2 = le potentiel à la fin de l'observation.

Le gradient du potentiel exprimé en volt par mètre est converti en unités électrostatiques par centimètre par divisisn avec 30,000.

Le courant vertical total est le produit du potentiel par λ (somme des conductibilités $\lambda_- + \lambda_+$) et exprimé en unités électrostatiques $\times 10^{-8}$.

A Fribourg, les observations se font au lieu décrit précédemment[1], à Altdorf, dans la cour du Collège, située dans le sud du village à 460 mètres d'altitude.

[1] *Archives*, 1913, XXXV, 155.

MESURES DU COURANT ÉLECTRIQUE

PASSANT DE L'ATMOSPHÈRE A LA TERRE

faites à Altdorf et à Fribourg

JANVIER 1914

HEURE	ALTDORF λ	ALTDORF P. G.	ALTDORF Courant	FRIBOURG λ	FRIBOURG P. G.	FRIBOURG Courant	TEMPS
			9 Janvier				
6-7 a.	320	+ 3	+ 3	281	+ 83	+ 77	A l'une et l'autre station, flocons de neige, puis pluie pendant toute la journée. Vent de S.-O. assez fort.
7-8	272	— 36	— 33	87	+112	33	
8-9	197	+ 19	+ 12	164	134-189	—	
9-10	101	+ 12	+ 4	48	300	48	
10-11	83	+ 9	+ 2	84	104-222	—	
11-12	68	+ 56	+ 13	148	84	41	
1-2 p.	102	—443	—150	—	< 50	—	
2-3	79	— 36	— 9	283	0-100	—	
3-4	69	— 12	— 3	336	-160 jusq. -40	—	
4-5	122	— 7	— 3	392	-270 » -70	—	
5-6	162	— 93	— 50	334	<— 50	—	
6-7	393	—212	—277	354	<— 50	—	
7-8	—	—	—	438	<+ 50	—	
8-9	—	—	—	—	—	—	
9-10	—	—	—	—	—	—	
			23 Janvier				
6-7 a.	623	+ 17	35	147	115	58	Couche de stratus aux deux stations, se transformant en brouillard à Fribourg dans la soirée. Pas de vent.
7-8	667	17	38	152	77-149	—	
8-9	698	17	40	169	108	61	
10-11	529	25	44	142	104	50	
11-12	236	19	19	154	87	45	
1-2 p.	382	22	17	123	83	34	
2-3	546	44	56	195	135	88	
3-4	405	68	120	164	150	81	
4-5	307	83	112	175	132	79	
5-6	329	56	61	119	164	65	
6-7	289	25	24	148	189	82	
8-9	398	19	25	145	189	91	
9-10	344	36	41	—	180	—	
10-11	408	12	27	116	162	120	
11-12	556	27	50	130	172	75	

Abréviations

λ = conductibilité par ions négatifs et positifs en unités électrostatiques $\times 10^6$

P. G. = gradient du potentiel en volts par mètre, réduit sur terrain plat

Courant vertical, en unités électrostatiques $\times 10^8$

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE JANVIER 1914

Le 1, très forte bise jusqu'à 7 h. du soir ; faible chute de neige à 1 h. du soir.
6, pluie à 10 h. du matin et à 1 h. du soir ; neige à 7 h. 15 m. ; pluie et neige à 9 h. du matin : neige à 6 h. 30 m. du soir ; haut. 5 cm.
7, neige dans la nuit, à 7 h. et à 10 h. du matin ; haut. 11 cm.
9, brouillard à 10 h. du matin ; pluie à 7 h. du soir.
10, brouillard à 1 h. et pluie à 10 h. du soir.
11, pluie à 7 h. du matin, à 4 h. et à 9 h. du soir.
12, neige dans la nuit ; haut. 2 cm. ; forte bise jusqu'à 7 h. du soir.
13, forte bise depuis 7 h. du soir.
14, forte bise pendant toute la journée.
18, forte bise à 7 h. du matin et à 10 h. du soir ; quelques flocons de neige à 10 h. du matin et à 1 h. du soir.
21, faible chute de neige dans la nuit.
22, forte bise à 7 h. et à 10 h. du matin.
25, givre depuis 8 h. du soir.
26, brouillard et givre.
27, givre le matin ; faible chute de pluie et de neige l'après-midi.
28, neige dans la nuit ; haut. 1 cm.
31, givre et brouillard pendant tout le jour.

Hauteur totale de la neige : 19 cm. tombés en quatre jours.

GENÈVE — JANVIER 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	31.0	31.1	34 7	31.94	+ 4.12	30.2	35.1	NNE 4	NNE. 3	ENE. 1	NNE. 3	**25.1**	8	9	9	9	0.0	....	....
2	36 2	36.5	37.1	36.44	+ 8.60	35.1	37.5	N. 1	NE. 1	WSW. 1	var.	2.5	10	9	9	8	1.5	....	....
3	36 2	35.3	35.3	35.85	+ 7.99	35.0	37.1	SE. 0	NNE. 1	SE. 0	calme	1.2	10	1	10	8	2.7	....	....
4	35.8	35.2	34.5	35.27	+ 7.40	34.1	36.2	ESE. 1	SE. 1	ESE. 0	SE 1	1.8	10	10	10	10	0.0	....	....
5	32.3	30.9	27.9	31.00	+ 3.11	26.2	34.1	SE. 1	SE. 1	ESE. 0	calme	1.2	10	10	0	7	0.0	....	....
6	20.8	21.6	22.3	22 35	− 5.55	20 3	26.2	NNW. 1	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	8.0	9	10	10	9	1.6	**9.6**	8
7	26.3	29.3	34.5	28.87	+ 0.96	23.0	36.0	SW. 1	S. 1	SSW. 0	var.	3.0	10	9	9	7	1.4	0.4	**10**
8	36.4	35.9	36.3	36.28	+ 8.37	35.6	36.9	SSW. 1	WSW. 1	SSW. 0	var.	2.0	9	2	0	2	4 4	....	...
9	35.4	33.2	33.0	34.26	+ 6 34	32.5	36.0	SSE. 1	WSW. 1	SSW. 1	var.	2.0	10	10	10	10	0.0	0.9	2
10	32.1	31.3	30.8	31.57	+ 3.65	30.5	32.6	SSE. 1	SW 1	NNW 0	calme	1.0	10	10	10	9	0.5	0.9	2
11	28.3	26.5	25.3	27.26	− 0.66	24.9	30.3	SSW. 0	WNW. 1	NNE. 1	var.	2.0	10	10	10	10	0.0	2.4	4
12	26.8	27.6	28.1	27.23	− 0.69	25.7	28.1	NNE. 2	NNE. 2	NNE 1	NNE. 2	20.2	10	10	10	10	0 0	1.1	2
13	27.6	27.3	26.9	27.44	− 0.48	25.1	28 9	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 2	NNE 2	17.3	10	10	10	10	0.0	....	....
14	21.7	20.0	21.8	21.70	− 6.21	20.0	25.0	NNE. 3	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	19.5	10	10	10	10	0.0	....	....
15	22.1	23.3	25.5	23.40	− 4.50	22.0	25.5	NNE. 1	ENE. 1	E. 1	var.	7.0	10	10	10	10	0.1	....	....
16	24.5	21.3	19.4	22.48	− 5.41	17.8	25.6	ENE. 1	NNE. 1	NE. 1	var.	10.0	10	9	10	10	0.0	....	....
17	16.3	15.2	17 1	**16.55**	**-11.33**	**15.0**	17.7	SE. 1	SSW. 1	NE. 2	var.	4.0	10	10	10	10	0.0	....	....
18	20.3	22.4	24.6	21.71	− 6.16	18.0	24.6	NNW. 2	NNW. 1	ESE. 1	NNW. 1	10.0	10	10	10	10	0.0	....	....
19	23.3	22.3	21.1	22.43	− 5.42	20.6	24.2	SE. 0	ESE. 1	ENE. 1	var.	6.0	10	10	10	10	0.0	....	....
20	20.5	20.6	21.3	20.85	− 6.98	20.3	22.4	NE. 1	NE. 1	SE. 1	var.	5.0	10	10	10	10	0 0	....	....
21	23.4	24 3	23.9	23.60	− 4.21	22.2	24.3	SE. 1	NE. 0	N. 1	var.	3.0	10	10	10	10	0.0	....	....
22	21.0	24.7	26.6	24.97	− 2.82	23.7	26.9	NNW. 2	NNE. 1	N. 1	NNE. 1	12 0	10	10	10	10	0.0	....	....
23	27.4	27.9	30.8	28.35	+ 0.58	26.8	31.7	SE. 1	ENE. 1	N. 1	var.	6.0	10	10	10	10	0.0	....	....
24	34.5	36.2	38.8	35.72	+ 7.98	31.9	39.5	SSW. 1	SE. 1	SE. 1	SE. 1	4.1	10	10	10	10	0.0	....	....
25	40.7	40.7	40.2	**40.41**	**+12.70**	39.6	**41.5**	SE. 0	N. 1	SE. 0	SE. 1	3 2	10	10	0	6	1.7	....	....
26	37.8	36.6	35.0	36.94	+ 9 26	34.2	39.9	SSW. 0	WSW. 0	SSW. 0	calme	0.7	10	10	10	10	0.0	0.1	....
27	31.9	30.3	33.3	32.18	+ 4.53	30.2	34.2	SSW. 0	SSW. 1	W. 1	SSW. 1	4.4	8	10	9	9	1.4	0.7	2
28	33.0	32 2	33.0	32.76	+ 5.15	31.7	33.5	SSW. 0	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	5.0	0	2	2	2	7.4	....	....
29	33.8	33 4	32 8	33.36	+ 5.79	32.7	34.2	SE 1	N. 1	ESE. 0	var.	2.0	10	0	0	5	5.0	....	....
30	33.5	33.6	34.2	33.68	+ 6.15	33.0	34.8	SE. 1	WSW. 0	SSW. 0	var.	2.0	10	5	0	4	5.3	....	....
31	35 5	35.3	36.5	35.46	+ 7.97	34.6	37.3	SSW. 0	SW. 0	WSW. 0	calme	0.9	10	10	10	10	0.0	....	....
Mois	29.33	29.10	29.76	29.43	+ 2.06							6.20	9.5	8.6	8.0	8.6	33 0	16.1	30

Jour du mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	- 3.7	- 3.3	- 4.3	- 3.64	- 3.43	- 5.2	- 2.1	96	83	94	90	+ 4	78	96	5.0	- 0.5	1295
2	- 6.0	- 3.8	- 6.2	- 5.31	- 5.07	- 7.2	- 3.6	95	95	100	95	+10	95	100	5.0	- 0.4	1285
3	- 6.2	- 1.5	- 1.9	- 3.65	- 3.39	- 7.3	+ 0.3	100	79	86	90	+ 4	79	100	5.0	- 0.4	1275
4	- 2.6	- 0.8	0.0	- 1.25	- 0.97	- 4.0	+ 0.3	92	82	85	88	+ 2	82	92	—	—	1275
5	- 1.4	- 1.2	- 4.2	- 1.99	- 1.70	- 4.7	- 0.4	92	94	93	92	+ 6	90	94	5.0	- 0.3	1235
6	+ 0.4	+ 2.6	+ 0.9	+ 0.41	+ 0.72	- 6.0	+ 4.4	96	87	83	89	+ 3	63	98	5.0	- 0.3	1235
7	- 1.6	0.7	- 0.9	- 0.43	- 0.11	- 2.5	1.8	100	77	86	87	+ 1	65	100	5.0	- 0.2	1240
8	- 3.3	2.8	- 5.6	- 2.28	- 1.96	- 9.2	3.6	91	57	95	84	- 2	**57**	95	5.0	- 0.2	1260
9	- 3.3	2.6	+ 2.6	- 0.88	- 0.55	- 8.7	3.0	91	69	91	85	+ 2	69	92	5.1	- 0.1	1245
10	+ 3.3	6.0	4.4	+ **4.26**	+ **4.58**	+ 1.5	[illegible].5	93	91	93	93	+ 7	91	97	5.3	+ 0.2	1245
11	+ 2.8	+ 5.3	+ 4.7	+ 3.98	+ 4.30	- 0.5	+ 5.6	98	93	95	96	+10	83	98	—	—	1240
12	- 4.0	- 5.7	- 5.5	- 4.29	- 3.98	- 5.9	- 0.8	86	88	88	88	+ 2	84	93	4.5	- 0.6	1235
13	- 5.5	- 4.8	- 6.2	- 5.51	- 5.2[illegible]	- 7.5	- 4.6	92	76	89	87	+ 1	76	92	4.0	- 1.0	1240
14	- 7.0	- 6.6	- 6.5	- **6.74**	- 6.45	- 7.6	- 6.1	86	79	76	**82**	- **4**	76	95	3.5	- 1.5	1230
15	- 6.3	- 5.0	- 3.5	- 5.34	- 5.07	- 7.5	- 3.5	89	88	85	85	- 1	74	89	3.3	- 1.7	1225
16	- 5.4	- 3.8	- 4.8	- 4.75	- 4.50	- 5.6	- 3.8	86	82	86	84	- 2	80	86	3.8	- 1.2	1230
17	- 5.2	- 4.4	- 4.2	- 4.71	- 4.48	- 5.3	- 3.8	85	86	86	84	- 2	81	88	3.5	- 1.4	1200
18	- 5.6	- 4.9	- 4.0	- 4.73	- 4.53	- 6.3	- 3.3	82	85	84	85	- 1	82	88	—		1175
19	- 4.4	- 3.0	- 3.6	- 3.65	- 3.47	- 5.2	- 2.7	88	78	87	83	- 3	78	88	3.7	- 1.2	1130
20	- 4.2	- 2.9	- 3.4	- 3.64	- 3.50	- 4.8	- 2.7	86	81	87	84	- 2	78	89	3.5	- 1.4	1120
21	- 3.4	- 2.2	- 1.8	- 2.59	- 2.48	- 4.3	- 1.8	91	86	83	85	0	81	91	3.5	- 1.4	1100
22	- 2.5	- 1.6	- 2.7	- 2.11	- 2.04	- 3.5	- 1.5	90	94	89	85	0	73	94	3.5	- 1.3	1105
23	- 3.5	- 2.5	- 2.9	- 3.11	- 3.08	- 3.7	- 2.4	87	87	80	83	- 3	74	87	3.7	- 1.1	1095
24	- 4.2	- 2.3	- 4.2	- 3.44	- 3.45	- 4.2	- 2.2	84	87	90	86	0	82	90	4.0	- 0.8	1080
25	- 4.8	- 2.1	- 7.5	- 4.46	- 4.52	- 8.2	- 2.0	90	83	100	89	+ 4	83	100	—	—	1070
26	- 7.8	- 4.5	- 5.1	- 6.46	- **6.56**	- **9.8**	- 3.3	100	100	100	**99**	+**14**	95	100	3.7	- 1.1	1025
27	- 6.3	+ 0.0	+ 0.7	- 1.30	- 1.15	- 8.3	+ **6.8**	95	63	84	83	- 2	63	97	4.0	- 0.8	1020
28	- 3.5	+ 2.0	+ 0.4	+ 0.09	- 0.12	- 4.5	3.2	98	67	78	83	- 2	65	99	4.0	- 0.8	1010
29	- 3.2	- 0.1	- 3.5	- 1.86	- 2.12	- 4.7	+ 1.2	96	85	91	91	+ 6	83	97	4.0	- 0.8	1020
30	- 4.9	- 0.4	- 4.6	- 3.65	- 3.9[illegible]	- 6.8	- 0.4	95	80	90	92	+ 7	80	99	3.6	- 1.2	1000
31	- 6.4	- 1.4	- 3.8	- 4.42	- 4.80	- 7.9	- 1.2	100	90	100	**99**	+**14**	90	100	3.5	- 1.3	985
Mois	- 3.86	- 1.35	- 2.81	- 2.82	- 2.74	- 5.66	- 0.50	92	83	89	88	+ 2			4.17	- 0.94	1198

MOYENNES DE GENÈVE. — JANVIER 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : | 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc	32.48	32.33	32.24	32.67	32.04	32.15	32.58	32.58	32.38
2e »	23.63	23.35	23.14	23.42	22.65	22.60	22.98	23.07	23.10
3e »	32.06	32.05	32.32	32.91	32.29	32.20	32.78	33.35	32.49
Mois	29.48	29.33	29.33	29.77	29.10	29.09	29.55	29.78	29.43

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	- 2.97	- 2.60	- 2.44	- 1.54	+ 0.41	+ 0.35	- 1.00	- 2.00	- 1.48
2e »	- 3.88	- 4.20	- 4.48	- 4.32	- 3.58	- 3.48	- 3.62	- 3.93	- 3.94
3e »	- 4.22	- 4.53	- 4.59	- 2.85	- 0.92	- 1.18	- 2.44	- 3.51	- 3.03
Mois	- 3.71	- 3.80	- 3.86	- 2.90	- 1.35	- 1.43	- 2.35	- 3.46	- 2.82

Fraction de saturation en %.

1re décade	94	94	95	89	81	83	89	92	90
2e »	86	87	88	87	84	85	86	84	86
3e »	92	93	93	89	84	82	88	90	89
Mois	91	91	92	88	83	83	88	89	88

Dans ce mois l'air a été calme 251 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{74}{21} = 3.52$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.....	29.40
Nébulosité	— 8.7
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	— 2°.67
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$..	— 2°.71
Fraction de saturation.....	88 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875)	727.37
Nébulosité..	(1847-1875).	7.9
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	48mm.8
Nombre de jours de pluie.	(id.).	10
Température moyenne...	(id.).	— 0°.08
Fraction de saturat.	(1849-1875).	86 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	24.4	22.0	16.2	16.0	15.3	13.4	19.9

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	15.1	16.1	16.9	15.3	18.4	20.9

Insolation à Jussy : 22.1 h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE JANVIER 1914

—

Le 6, neige.
les 7, 8, 9, 10 et 11, très violente bise.
le 7, neige.
9, brouillard et neige.
10, brouillard.
11, brouillard et neige.
les 12, 13 et 14, neige.
18 et 19, brouillard.
21 et 27, neige.

GRAND SAINT-BERNARD — JANVIER 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	56.6	59.8	61.6	59.3	- 2.1	56.5	62.3	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	1	0	0	0	. .	. . .
2	64.1	64.7	66.3	65.0	+ 3.7	62.3	66.3	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
3	65.5	66.0	67.6	66.4	+ 5.1	65.1	67.6	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	10	1	0	4	....	....
4	67.4	67.2	66.8	67.1	+ 5.8	65.6	67.5	NE. 0	NE. 1	NE. 0	calme	0	0	0	0	....	....
5	64.4	63.9	61.2	63.2	+ 2.0	59.8	65.6	NE. 0	NE. 0	NE. 1	calme	0	0	0	0	....	. . .
6	56.2	54.2	52.4	54.3	- 6.9	52.4	59.8	NE. 1	NE. 1	NE. 3	NE. 2	2	10	10	7	10.2	13
7	55.3	56.6	61.7	57.9	- 3.3	53.8	63.1	NE. 5	NE. 6	NE. 5	NE. 5	10	10	10	10	10.0	10
8	61.5	65.1	66.1	65.3	+ 4.1	63.1	66.8	NE. 5	NE. 5	NE. 4	NE. 5	0	0	0	0	....	....
9	67.2	66.8	67.5	67.2	+ 6.0	66.8	67.5	NE. 4	NE. 4	NE. 5	NE. 4	10	10	10	10	**24.7**	11
10	65.6	65.2	65.1	65.3	+ 4.2	64.7	66.3	NE. 5	NE. 5	NE. 5	NE. 5	10	10	10	10	4.1	2
11	63.1	62.1	60.1	61.9	+ 0.8	59.2	64.7	NE. 4	NE. 0	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	13.3	**20**
12	57.8	57.0	58.0	57.6	- 3.5	57.0	59.2	NE. 0	NE. 1	SW. 1	var.	10	10	10	10	4.4	13
13	58.2	58.3	57.6	58.0	- 3.1	56.1	58.4	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	10	2	1	4	....	....
14	51.5	51.3	52.4	51.7	- 9.3	51.3	56.1	NE. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	1	9	10	7	....	....
15	52.8	54.7	57.4	55.0	- 6.0	52.6	57.5	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	10	2	1	4	. . .	. . .
16	57.6	56.1	54.5	56.1	- 4.9	53.2	57.6	NE. 1	NE. 1	SW. 2	NE. 1	0	0	0	0	....	....
17	51.2	50.4	52.1	**51.2**	**- 9.7**	**50.4**	53.2	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	9	1	0	3	....	. . .
18	52.8	54.0	56.9	54.6	- 6.3	52.4	56.9	NE. 0	SW. 1	NE. 5	var.	0	0	10	3	....	. . .
19	55.2	54.4	53.9	54.5	- 6.4	53.6	56.0	SW. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	10	10	4	8	....	....
20	53.4	52.9	53.4	53.2	- 7.7	52.9	53.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	2	1	3.8	9
21	54.1	54.7	55.2	54.7	- 6.1	53.8	55.5	NE 2	NE. 1	NE. 2	NE. 2	10	0	0	3	....	....
22	55.7	57.5	58.9	57.4	- 3.4	55.5	59.0	NE. 1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	. . .	...
23	59.0	60.1	62.6	60.5	- 0.3	59.0	64.3	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	. . .	....
24	65.3	67.3	70.0	67.5	+ 6.8	64.3	71.1	NE 1	NE. 0	NE. 0	calme	0	0	0	0	....	. . .
25	72.2	72.9	73.2	**72.8**	+ **12.1**	71.1	**73.2**	NE. 0	NE. 0	NE. 1	calme	0	0	0	0	. . .	....
26	71.0	70.2	68.6	69.9	+ 9.3	67.2	72.5	NE. 0	SW. 0	SW. 0	calme	0	0	0	0	....	....
27	64.8	63.6	62.6	63.7	+ 3.1	62.4	67.2	SW. 0	SW. 1	NE. 3	var.	1	2	10	4	9.6	17
28	62.3	62.6	63.8	62.9	+ 2.3	62.3	64.1	NE. 1	NE 1	NE. 1	NE. 1	9	2	0	4	....	...
29	64.3	64.6	65.0	64.6	+ 4.1	64.1	65.3	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	...
30	65.7	66.6	67.7	66.7	+ 6.2	65.3	68.0	NE. 0	NE. 0	NE 1	calme	0	0	0	0	...	....
31	68.2	69.1	70.5	69.3	+ 8.8	68.0	70.5	NE. 0	NE. 0	NE. 0	calme	0	0	0	0	....	....
Mois	60.71	60.96	61.65	61.12	+ 0.63							4.0	2.8	3.2	3.3	80.1	95

GRAND SAINT-BERNARD — JANVIER 1914

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	- 20.6	- 17.1	- 17 2	**- 18.3**	**- 9.7**	**- 22.3**	- 16.9	80	76	60	72	52	86
2	- 12.6	- 10.2	- 11.3	- 11.4	- 2.8	- 17.6	- 10 0	34	32	40	35	30	71
3	- 9.6	- 6 8	- 6.2	- 7.5	+ 1.2	- 12.2	- 6.0	95	88	35	73	32	96
4	- 5.8	- 4.6	- 5.7	- 5.4	+ 2.3	- 7.6	- 4 4	31	27	26	28	24	32
5	- 5.8	- 3.7	- 5.2	- 4.9	+ 3.8	- 7.1	- 3.5	20	24	25	23	18	28
6	- 7.3	- 9.4	- 14.3	- 10.3	- 1.5	- 15.1	- 6.5	30	92	95	72	28	96
7	- 16.2	- 15.2	- 16.5	- 16.0	- 7.2	- 17.2	- 15.0	94	95	92	94	88	96
8	- 15.6	- 13 8	- 9.7	- 13.0	- 4.2	- 16.7	- 9.4	84	75	65	75	63	91
9	- 7.2	- 1.6	- 2.2	- 3.6	+ 5.2	- 9.6	- 1.0	95	100	99	**98**	87	100
10	- 3.2	- 3.2	- 3.1	- 3.2	+ 5.7	- 3.6	- 2.1	99	96	96	97	92	100
11	- 4.8	- 1.5	- 5 1	- 3.8	+ 5.1	- 5.8	- 1.3	80	80	79	80	79	86
12	- 7.0	- 11.7	- 14.6	- 11.1	- 2 2	- 14.9	- 5.8	78	74	76	76	71	78
13	- 15 0	- 14 4	- 12.8	- 14.1	- 5.2	- 15.2	- 12.6	74	76	55	68	54	76
14	- 15.8	- 15.2	- 14.4	- 15.1	- 6.1	- 16.8	- 14.0	60	75	76	70	58	76
15	- 14.8	- 12.6	- 14.2	- 13.9	- 4.9	- 15.0	- 12 3	66	71	76	71	64	76
16	- 14.2	- 11.6	- 9.0	- 11.6	- 2.6	- 14.8	- 8.8	40	35	9	28	8	52
17	- 9.0	- 6.1	- 8.4	- 7.8	+ 1.2	- 10.1	- 5.0	79	61	60	67	50	85
18	- 8.9	- 8.8	- 11.6	- 9 8	- 0.8	- 11 8	- 8.5	32	65	84	60	32	84
19	- 11 7	- 11.2	- 13 2	- 12.0	- 3.0	- 13.5	- 11.0	84	85	82	84	82	86
20	- 15.7	- 11.6	- 13.9	- 13.7	- 4.7	- 16.0	- 11.2	81	73	78	77	68	82
21	- 14.8	- 12.0	- 13.2	- 13.3	- 4.3	- 14.8	- 11.8	80	71	70	74	65	82
22	- 12.5	- 7.8	- 10 2	- 10.2	- 1.1	- 13.7	- 7.5	46	31	29	35	27	67
23	- 9.7	- 10.0	- 12 4	- 10.7	- 1.6	- 12.7	- 8.3	27	57	69	51	27	70
24	- 9.8	- 5.2	- 6.2	- 7.1	+ 2.0	- 12.1	- 4.8	51	30	21	34	20	58
25	- 6.1	- 2.2	- 2.2	- 3.5	+ 5.6	- 6.2	- 0.8	11	12	6	10	4	20
26	- 3 2	- 0.2	- 3.9	**- 2.4**	**+ 6.7**	- 4.8	**+ 1.6**	2	10	12	**8**	**2**	22
27	- 6.2	- 5.7	- 12.2	- 8 0	+ 1.1	- 13.5	- 4.0	18	48	87	51	8	90
28	- 15.2	- 13.4	- 12 2	- 13.6	- 4.5	- 15.4	- 11.1	86	82	34	67	34	86
29	- 10.3	- 7.8	- 7.2	- 8.4	+ 0.7	- 11.4	- 6.4	38	19	6	21	5	46
30	- 5.4	- 3.5	- 4.6	- 4.5	+ 4.6	- 6.1	- 1.0	7	11	17	12	7	25
31	- 5.6	- 1.4	- 5.4	- 4.1	+ 5.0	- 5.7	+ 0.4	35	30	48	38	25	51
Mois	- 10.31	- 8.37	- 9.62	- 9.43	- 0 39	- 12.09	- 7.21	56	58	55	56		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JANVIER 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500^{mm} +				**Fraction de saturation en %**			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	62.68	62.95	63.66	63.10	66	70	63	67
2e »	55.36	55.12	55.66	55.38	67	69	68	68
3e »	63.87	64.47	65.28	64.54	36	36	36	36
Mois	60.74	60.96	61.65	61.12	56	58	55	56

Température.

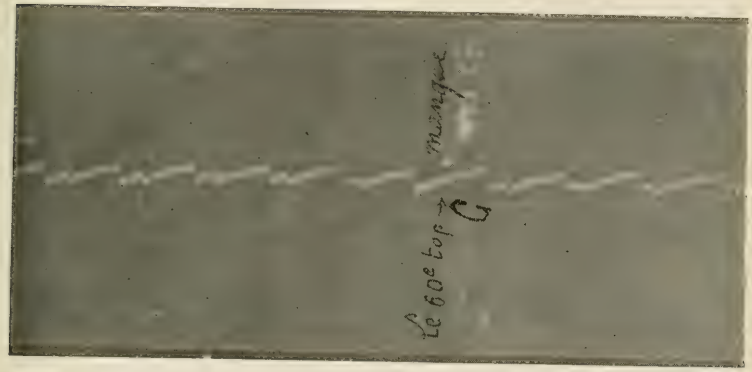
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 10.39	— 8.56	— 9.14	— 9.36	— 9.31
2e »	— 11.69	— 10.47	— 11.72	— 11.29	— 11.40
3e »	— 8.98	— 6.29	— 8.15	— 7.81	— 7.89
Mois	— 10.31	— 8.37	— 9.62	— 9.43	— 9.48

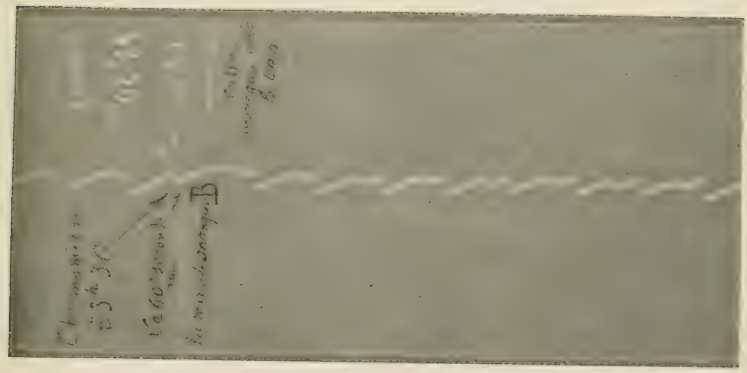
Dans ce mois l'air a été calme 247 fois sur 1000

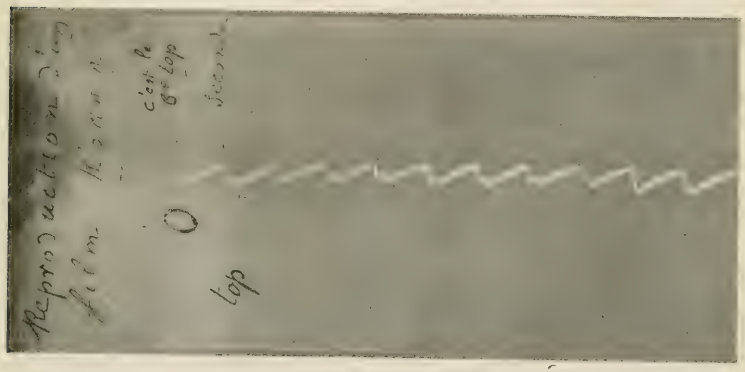
Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{116}{19} = 6.11$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

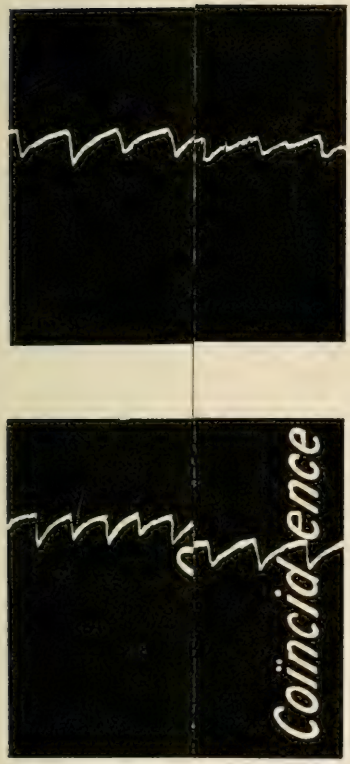
Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	43.2	51.4	29.1	80.1
Neige en centimètres.. .	24	19	30	95


Le 60e top
G
manque


Le 60e top
A
B

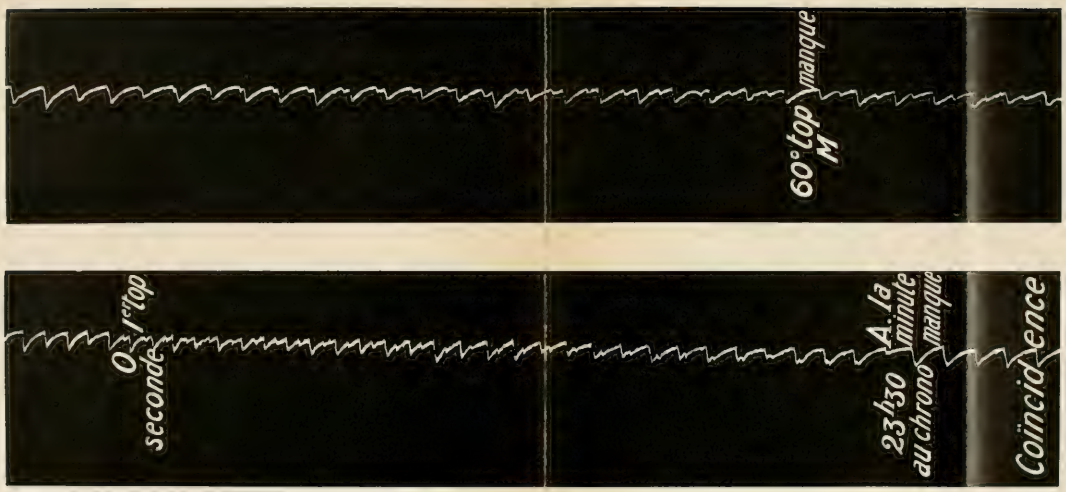

C'est le
8e top
top

Exemple d'une détermination de l'heure au $^1/_{100}$ de seconde près. Reproduction d'un film de kodak où sont inscrits simultanément les soixante-dix premiers tops qui furent envoyés le 10 mars 1913 à 23 h. 30 et les secondes du chronomètre comparé. Le film montre très nettement le chevauchement des tops et des secondes, leur coïncidence, leur désaccord, puis une nouvelle coïncidence. Le top se rapproche de la seconde, et bientôt coïncide avec elle (A), puis s'éloigne progressivement de la seconde du chronomètre. En B, l'inscription de la seconde manque. Le chronomètre, en effet, omet, pour repérage, le contact de la soixantième seconde toutes les minutes. C'est 23 h. 30 au chronomètre. La distance des tops et des secondes s'accroît : le top se place bientôt au milieu de la seconde, puis s'en rapproche. En C, le top manque, c'est le soixantième top omis par la Tour Eiffel pour repérage. Cela permet de voir que le premier top inscrit en O fut le cinquième top émis par la Tour. On avait fait partir le tournebroche défilant la pellicule un peu trop tard. — En D, nouvelle coïncidence des tops et des secondes.



Reproduction d'un filde, comme 4 mm, 25 dans 5 mm, 5 (vi. 30 m. Lors] du premier top, il éta premier top, le chronomètre retar

iphie sans fil)



Reproduction d'un film portant l'impression du premier top en O que le manque de soixantième top en M permet de contrôler et qui se place dans la seconde, comme 4 mm. 25 dans 5 mm, 5 (visé fait au micromètre : $\frac{ac}{ab} = \frac{425}{550}$. Le manque en A de la seconde du chronomètre indique que le chronomètre marquait en A : 23 h 30 m. Lors du premier top, il était donc au chronomètre 23 h 29 m 30 s, 772. L'Observatoire ayant indiqué ce jour là (15 mars), 23 h 29 m. 59 s 63 pour l'instant du premier top, le chronomètre retardait donc de 28 s. 858

Extrait de la *Revue de Télégraphie sans fil*.

SUR LA NATURE

DU

CHAMP MOLÉCULAIRE

PAR

Pierre WEISS

(Suite)[1]

II

6. *Rapprochement entre le champ moléculaire et l'action magnétisante de contact de Maurain*

Maurain[2] a fait sur le fer déposé électrolytiquement dans un champ magnétique une étude riche de suggestions nouvelles.

Il a établi d'abord que le fer déposé dans un champ magnétique faible, de quelques gauss, est aimanté beaucoup plus fortement que le fer déposé en dehors du champ et soumis ensuite à l'action du même champ. Il a même reconnu que quand l'électrolyse se produit dans des champs supérieurs à une dizaine de gauss, la matière paraît saturée.

L'aimantation n'augmente plus en effet d'une manière appréciable quand le champ passe de 10 à 25 gauss. Les cycles observés par Maurain sont voisins de rectangles dont la hauteur serait

[1] Voir *Archives*, t. XXXVII, Février 1914, p. 105.

[2] Maurain, Propriétés des dépôts électrolytiques de fer obtenus dans un champ magnétique. *Éclair. élect.*, t. XXVI, 1901, p. 212; Sur une action magnétisante de contact. *J. de Phys.*, 4e série, t. I. 1902, p. 90; Propriétés de lames très minces de fer et de nickel. *J. de Phys.*, 4e série, t. I, 1902, p. 151.

déterminée par cette aimantation à saturation, apparente ou réelle, et dont la largeur est égale au champ coercitif qui dépasse la valeur de 20 gauss.

On peut, d'après les indications contenues dans son mémoire, calculer grossièrement l'aimantation à saturation. On trouve

$$I = 840 .$$

Kaufmann et Meyer [1], qui ont repris l'étude du fer déposé dans un champ magnétique, semblent avoir apporté plus d'attention que Maurain à la détermination de la *valeur absolue* de l'aimantation. En l'empruntant à la hauteur du cycle, on est dans les mêmes limites de champ que dans les expériences de Maurain et l'on trouve, d'accord avec lui,

$$I = 900 .$$

Par contre, en poussant le champ jusqu'à 120 gauss, ils ont constaté un accroissement ultérieur jusqu'à

$$I = 1100 .$$

Schild [2] aussi a mesuré la valeur de l'intensité d'aimantation du fer électrolytique produit dans des champs magnétiques atteignant 29,2 gauss. Il trouve, d'accord avec Kaufmann et Meyer,

$$I = 982 .$$

Cette intensité d'aimantation est si différente de celle du fer ordinaire

$$I = 1700$$

que l'on peut se demander s'il s'agit bien de la même matière.

Ces doutes sont aggravés par l'observation faite par Kaufmann et Meyer que les dépôts ne possèdent les propriétés si caractéristiques que leur a trouvées Maurain que d'une manière temporaire et que l'on peut les leur restituer partiellement en les soumettant de nouveau à la polarisation électrolytique. Cette expérience est favorable à l'interprétation qui consiste à attribuer les propriétés spéciales des dépôts électrolytiques à la présence d'un hydrure de fer.

[1] Kaufmann et Meyer, *Physikal. Zeitschr*, t. XII, 1911, p. 513.
[2] Schild, *Ann. d. Phys.*, 4e série, t. XXV, 1908, p. 612.

J'admets donc que la substance étudiée par Maurain puisse être différente du fer ordinaire, non seulement par le fait de la production dans le champ magnétique, mais encore par sa composition chimique, et j'arrive à ceux de ses résultats qui sont caractéristiques au point de vue qui nous occupe.

Maurain remarque que le fer qui se dépose dans le champ magnétique ne prend son aimantation définitive que lorsqu'il a une certaine épaisseur. Les premières couches ont une aimantation moindre et le moment magnétique ne commence à croître proportionnellement à la quantité de matière déposée que quand l'épaisseur a atteint $80^{\mu\mu}$. Le fer en lames très minces a donc des propriétés différentes du fer en masses épaisses.

Ayant ainsi constaté que l'aimantation des premières couches aide à celle des couches suivantes, Maurain a eu l'idée d'opposer l'une à l'autre les deux causes de cette aimantation : l'action magnétisante de contact et le champ extérieur. Il s'aperçoit que si le champ extérieur n'est pas trop fort, et notamment reste au-dessous du champ coercitif, qui suffirait à renverser le sens de l'aimantation existante, c'est l'action magnétisante de contact qui l'emporte. Les nouvelles couches sont d'abord à peine moins aimantées que les précédentes, et ce n'est que lorsque le dépôt a pris une couche considérable [1] en comparaison de la couche de passage que l'aimantation de la matière qui s'ajoute au dépôt devient nulle, puis prend la direction qui correspond au champ extérieur et enfin la valeur pleine qu'elle aurait si l'action magnétisante inverse n'existait pas.

Il se produit alors un phénomène très curieux : ce sont les nouvelles couches qui agissent sur les anciennes et renversent leur aimantation. Cette réaction se fait avec une certaine lenteur ; elle présente le caractère du traînage magnétique, visible directement au magnétomètre. Je signale spécialement cette observation de Maurain, parce qu'elle me paraît mettre bien en évidence le caractère latéral de cette action magnétisante de contact, tel que ne sauraient le produire des files indé-

[1] En effet, le champ inverse étant de 1,65 gauss, après un temps sept fois plus long que celui pendant lequel se produit la couche de passage de $80\mu\mu$ l'aimantatioon sous l'influence de l'action magnétisante de contact ne présente encore aucun fléchissement marqué.

finies d'aimants élémentaires d'après les lois ordinaires du magnétisme.

En effet, le fait que les premières couches d'un dépôt sont moins aimantées que les suivantes pourrait s'interpréter en admettant qu'elles se composent d'abord de cristaux discontinus et que l'apparition des propriétés régulières de la matière coïncide avec l'établissement de la continuité. Le fait que de nouvelles couches se déposant sur une cathode aimantée prennent une aimantation de même signe malgré un champ extérieur inverse pourrait se concevoir dans une certaine mesure en admettant que le fer va se loger en partie dans les cavités où règne un champ de même signe que l'aimantation. Mais ces explications, invoquant une sinuosité hypothétique de la surface, ne s'appliquent évidemment pas à un effet qui se propage à travers des épaisseurs profondes de matière.

7. *Variation de l'action magnétisante de contact avec la distance.*

Pour étudier l'action magnétisante d'une cathode aimantée à diverses distances, Maurain l'a recouverte d'abord d'une épaisseur connue d'un métal indifférent tel que l'or, le cuivre ou l'argent. Puis il a déposé une nouvelle couche de fer sous l'action simultanée de la cathode et d'un champ inverse de 1,65 gauss. Le sens de l'aimantation de cette nouvelle couche est déterminé par celle des deux actions qui l'emporte. Il y a une épaisseur du métal étranger, pour laquelle les premières portions de fer qui se déposent sont à l'état neutre. A une distance égale à cette épaisseur, l'action magnétisante de contact est mesurée par le champ extérieur, 1,65 gauss. En répétant les expériences de Maurain pour plusieurs valeurs du champ contraire, on trouverait la loi de variation de l'action magnétisante de contact avec la distance.

Maurain n'a fait l'expérience que pour une valeur du champ inverse, mais pour toute une série d'épaisseurs de la couche intermédiaire.

La figure 4, empruntée à son mémoire, représente les résultats qu'il a obtenus dans une série de mesures où le métal inter-

posé était du cuivre. L'aimantation de la couche qui se dépose est indiquée par la marche d'un magnétomètre en fonction du temps. Quand la matière a des propriétés constantes, elle donne une droite passant par l'origine. La droite supérieure *a*, correspondant à une épaisseur nulle du métal interposé, indique la production de matière aimantée sensiblement identique à celle de la cathode sur laquelle elle se dépose, malgré le champ extérieur de signe contraire. La courbe inférieure *b* correspond à une très grande épaisseur de matière interposée et donne l'aimantation sous l'influence du champ extérieur

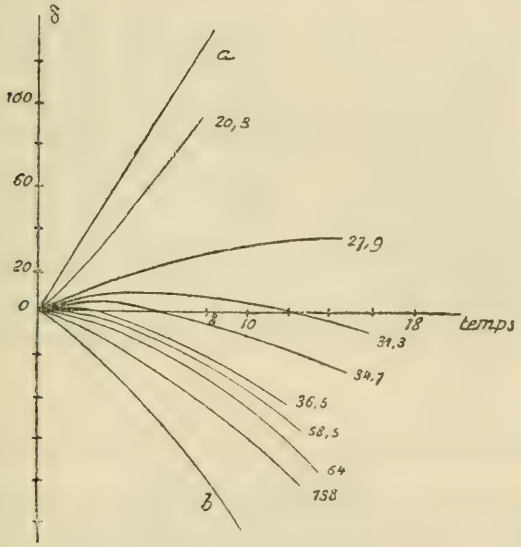


Fig. 4

seul. Les courbes intermédiaires donnent l'effet de l'action simultanée du champ extérieur et de l'action magnétisante pour les diverses épaisseurs du métal indifférent.

On trouve par interpolation, pour l'épaisseur qui donne la compensation exacte :

Métal intermédiaire	Epaisseur
Or	38[μμ]
Cuivre	38
Argent	> 100

La question que nous soulevions pour les lames de fer se pose aussi pour les couches du métal intermédiaire. Sont-elles réellement continues, et l'action observée est-elle une action à distance, ou sont-elles percées de trous, et l'action se fait-elle par contact direct? Maurain examine cette objection avec soin. La continuité du phénomène, la concordance des valeurs trouvées pour le cuivre et l'or sont favorables à une action à distance. La lame d'argent était d'apparence moins homogène et la plus grande épaisseur serait attribuable à ce que, au commencement, le dépôt n'était pas continu.

Maurain a fait une expérience de contrôle en amalgamant les couches d'or. Si l'on suppose qu'il y avait des trous, cette amalgamation pouvait les boucher ou les laisser subsister. Dans le premier cas une action de contact devait disparaître, dans le second elle devait garder sensiblement son intensité primitive. Or l'action magnétisante de contact a encore été observée, mais affaiblie comme si la couche continue avait augmenté d'épaisseur par l'amalgamation. Il est vrai qu'à la rigueur on pourrait imaginer que les trous ont été bouchés partiellement par l'amalgame. Mais alors il semble que Maurain, qui a répété plusieurs fois l'expérience, eût obtenu des résultats sans régularité.

8. *L'action magnétisante de contact ne saurait être un champ magnétique ordinaire.*

En effet, considérons (fig. 5) un milieu indéfini de matière aimantée limité par un plan P parallèle à la direction de l'aimantation. Supposons, pour préciser, que les molécules soient disposées suivant les nœuds d'un réseau cubique ayant deux de ses axes quaternaires dans le plan P, l'un d'entre eux étant en outre parallèle à la direction de l'aimantation. Alors il est évident qu'une distribution magnétique ayant la périodicité du réseau ne peut produire, suivant la droite AB parallèle à l'aimantation, qu'un champ variant avec la même période. L'intégrale de ce champ suivant AB étant nulle, il sera alternativement positif et négatif. Il faudrait donc, pour que l'action magnétisante de contact fût due à la distribution des pôles dans

la matière aimantée, que les molécules ne se déposassent que là où le champ est positif. Cela serait déjà bien étrange. Mais il le serait encore bien davantage que cette préférence pour les régions de champ positif se conservât à travers une couche de métal étranger dont l'épaisseur est de $38^{\mu\mu}$, c'est-à-dire de 200 molécules environ.

Quant à l'impossibilité d'un champ magnétique uniforme suivant AB, elle est contenue dans ce qui précède ; elle est particulièrement intuitive en considérant l'intégrale du champ suivant ABCD.

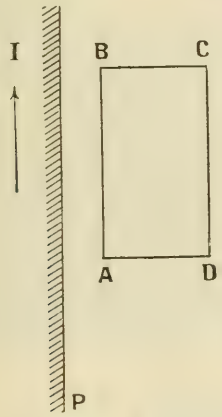


Fig. 5.

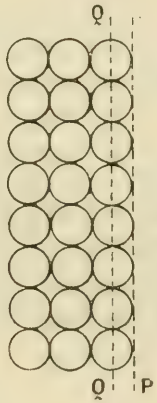


Fig. 6.

9. *Rapprochement entre l'action magnétisante de Maurain et le champ moléculaire*

L'idée de rapprocher le curieux phénomène découvert par Maurain du champ moléculaire s'impose. L'un et l'autre ont une parenté marquée avec un champ magnétique en ce sens qu'ils provoquent l'orientation de molécules pourvues d'un moment magnétique et nous avons vu pourquoi ni l'un ni l'autre ne peuvent être un champ magnétique ordinaire.

Considérons une cathode aimantée de Maurain et supposons la matière homogène jusqu'à la surface.

En un point quelconque du plan P (fig. 6) le champ moléculaire est la moitié de ce qu'il serait si la matière était illimitée.

Or les points du plan P sont à une distance égale à un rayon moléculaire du plan Q passant par les centres de la couche superficielle. Je vais chercher suivant quelle puissance de la distance au plan Q cette action doit décroître pour devenir, à la distance $38^{\mu\mu}$, égale à 1,65 gauss, valeur qui mesure l'action magnétisante de Maurain.

Le fer cristallise en cubes. Si l'on admet que chaque atome occupe un volume égal au cube de son diamètre d et que le nombre des atomes dans l'atome-gramme est $6{,}8.10^{23}$, on trouve

$$d = 0^{\mu\mu},22 .$$

Le champ moléculaire du fer est voisin de 7.10^6 gauss. Cette valeur est moins certaine que celle du champ moléculaire dans la magnétite, par exemple, parce que le fer n'est pas parmi les substances pour lesquelles la variation thermique de l'aimantation suit la loi théorique. Une nouvelle incertitude provient de ce que le fer électrolytique n'est probablement pas identique au fer ordinaire. Mais si l'on remarque que les champs moléculaires calculés pour les trois métaux, fer, nickel et cobalt, sont assez voisins les uns des autres, il semble indiqué d'adopter pour le fer de Maurain la même valeur 7.10^6 que pour le fer ordinaire. On a donc

$$\left(\frac{38}{0{,}11}\right)^n = \frac{3{,}5.10^6}{1{,}65},$$

d'où

$$n = 2{,}5 .$$

Une erreur notable sur le champ moléculaire a une très faible influence sur ce résultat. En le doublant ou en le divisant par 2, on obtient pour l'exposant 2,6 et 2,4. De même, le résultat est assez peu sensible à l'évaluation plus ou moins exacte de la région où le champ moléculaire est égal à la moitié de la valeur normale. Si l'on doublait la distance de cette région au plan Q, on trouverait $n = 2{,}8$ au lieu de 2,5.

Il s'agit maintenant de ramener cette loi d'action en fonction de la distance à un mur indéfini à la loi d'une action élémentaire émanant du centre de chaque molécule. Considérons un élément de volume à la distance r du point A (fig. 7). Amplifions toutes les dimensions linéaires dans le rapport λ en prenant A

comme centre d'homothétie. L'élément de volume est augmenté dans le rapport λ^3, et si m est la puissance de r avec laquelle l'action élémentaire décroît, l'élément d'intégration décroîtra comme λ^{m-3}. Il faut donc augmenter de 3 l'exposant de la loi d'action trouvée avec un mur indéfini pour obtenir celui de la loi élémentaire.

Dans ce raisonnement, on suppose implicitement le mur homogène. Cette manière de faire, légitime quand la distance de A au mur est grande, cesse d'être rigoureuse quand on descend à des valeurs voisines du diamètre moléculaire. Sous cette réserve, on trouve donc pour la loi élémentaire une décroissance avec la puissance

$$m = 3 + 2{,}5 = 5{,}5$$

de la distance.

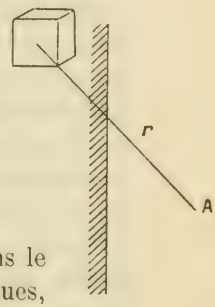


Fig. 7

Malgré les difficultés de principe rencontrées dans le calcul et la faible précision des données numériques, l'accord avec la loi d'action, déduite de la seule considération du champ moléculaire dans les alliages, est nettement favorable à l'hypothèse de l'identité des deux phénomènes.

10. *La sphère d'action moléculaire.*

Admettons la loi d'action en raison inverse de la sixième puissance de la distance et cherchons le diamètre de la sphère d'action moléculaire. Le champ moléculaire peut être considéré comme résultant de l'addition des champs produits par des couches sphériques d'épaisseur unimoléculaire. Il est alors donné par

$$A\left[1 + \left(\frac{1}{2}\right)^4 + \left(\frac{1}{3}\right)^4 + \ldots + \left(\frac{1}{n}\right)^4 + \ldots\right].$$

La valeur de cette somme est $\frac{\pi^4}{90} = 1{,}082$; si on l'arrête au $n^{\text{ième}}$ terme, on a, pour le reste,

$$R_n = \left[\frac{1}{(n+1)^4} + \ldots\right] < \frac{1}{3n^3}.$$

L'erreur commise en prenant $n = 4$ est inférieure à $^1/_{200}$.

On peut donc, avec cette approximation, attribuer à la sphère d'action moléculaire un diamètre égal à 9 fois celui de la molécule.

Ce résultat est de nature à éclairer le phénomène qui se produit dans les premiers moments de l'électrolyse, lorsque l'aimantation n'a pas encore atteint sa valeur normale. Cette région de passage a dans le fer une épaisseur de $80^{\mu\mu}$, environ 40 fois plus forte que celle qui donne au champ moléculaire sa valeur normale à $^1/_{200}$ près. La région où le champ moléculaire n'a pas encore sa pleine valeur a donc dû être inobservable dans les expériences de Maurain. Mais si le champ moléculaire et, avec lui, l'aimantation forte existent, il n'en résulte pas nécessairement qu'elle ait la même direction dans toutes les parties. Il se peut qu'au début l'aimantation s'établisse suivant le hasard de la formation des premiers cristaux, mais avec une légère prédominance dans la direction du champ. Lorsque l'épaisseur croît, cette prédominance devient de plus en plus forte, parce qu'elle est produite par l'action simultanée du champ extérieur et des couches précédentes déjà partiellement influencées.

Le fait observé par Maurain, que dans un champ extérieur de 10 à 15 gauss (de l'ordre de grandeur du champ coercitif, 20 gauss, mais inférieur à lui), les propriétés spéciales des premières couches disparaissent, semble d'accord avec cette manière de voir.

Conclusions.

Le champ moléculaire et l'action magnétisante de Maurain ont l'un et l'autre la propriété d'orienter les molécules douées d'un moment magnétique comme le ferait un champ magnétique ordinaire. Dans la théorie des ferromagnétiques, le champ moléculaire s'ajoute au champ extérieur pour former une expression homogène. L'action magnétisante, de son côté, est mesurée par opposition à un véritable champ magnétique. Mais l'un et l'autre de ces phénomènes ne peuvent être un véritable champ magnétique. Les théorèmes fondamentaux du magnétisme et l'extrême grandeur des effets s'y opposent.

Si l'on admet que l'action élémentaire qui produit le champ moléculaire émane d'un point et agit sur un point dans la molécule, on peut déduire, sans autre hypothèse, des expériences sur les alliages que cette action élémentaire *décroît avec la sixième puissance de la distance.*

Pour tirer parti numériquement des expériences de Maurain, il faut s'engager davantage dans la voie des hypothèses. Il faut admettre : 1° l'identité de nature de l'action magnétisante et du champ moléculaire ; 2° que le champ moléculaire à la surface d'un mur indéfini formé de la matière aimantée soit égal à la moitié du champ moléculaire dans la profondeur ; 3° que l'on peut remplacer la sommation des effets des molécules voisines par une intégration qui revient à substituer à la matière discontinue une matière fictive continue ; 4° que l'action varie suivant une puissance de la distance : 5° que la discussion de Maurain, tendant à établir que les couches de métal intermédiaire sont continues, soit probante ; 6° accepter de se servir de données numériques grossièrement approchées. Si toutes ces conditions sont remplies, on trouve, pour la loi de variation avec la distance, la puissance 5,5 d'accord avec la loi déduite de l'étude des alliages.

Les hypothèses 2° et 3° sont les plus contestables. On serait affranchi de l'une et de l'autre, et en même temps de 1° et peut-être de 6° si l'expérience de Maurain avait été faite avec plusieurs valeurs du champ contraire, mesurant, par conséquent, l'action magnétisante à plusieurs distances.

Le champ moléculaire et l'action magnétisante de Maurain peuvent-ils être électrostatiques ?

Si le champ moléculaire était électrostatique, il pourrait fort bien produire les effets requis par la théorie du ferromagnétisme, si l'on attribue en même temps que leur moment magnétique une polarité électrique permanente aux molécules. Le fait que la molécule possède un moment magnétique n'intervient plus alors comme cause, mais comme réactif de l'orientation par le champ moléculaire. Quand on fait intervenir un

champ extérieur, ce ne sont plus les champs, mais les moments qu'ils produisent qui s'ajoutent.

L'objection tirée de l'ordre de grandeur disparaît. En effet, Debye [1] a développé récemment une théorie des phénomènes diélectriques variables avec la température qui a une grande analogie avec la théorie du champ moléculaire. Dans cette théorie, Debye fait usage, pour relier le champ électrostatique interne à la polarisation, du facteur $\frac{4}{3}\pi$ de Lorentz et trouve ainsi des couples électrostatiques suffisants pour lutter contre l'agitation thermique et placer le point analogue au point de Curie à une distance notable au-dessus du zéro absolu. Il suffirait donc que les corps magnétiques eussent des moments diélectriques comparables à ceux des diélectriques à constante variable avec la température comme par exemple le rutile, pour que l'aimantation spontanée s'ensuive. Si l'on ramène tous les phénomènes à des électrons en mouvement, on peut se rendre compte directement que les actions électrostatiques doivent être d'un autre ordre de grandeur que les actions magnétiques. En effet, la force d'attraction magnétique de deux électrons en mouvement de translation parallèle est à leur répulsion électrostatique comme le carré de leur vitesse de translation au carré de la vitesse de la lumière [2].

Cependant il est probable, sinon certain, que l'hypothèse du champ moléculaire électrostatique doive être rejetée, malgré ses avantages. Elle est en opposition formelle avec une loi d'action décroissant avec la sixième puissance de la distance.

Quant à l'action magnétisante de Maurain, le fait qu'elle ne peut s'exprimer au moyen d'un champ dérivant d'un potentiel s'oppose aussi bien à ce qu'elle soit électrostatique que magnétique.

Nous sommes donc amenés en fin de compte à attribuer les

[1] Debye, *Phys. Zeitschr.*, t. XIII, 1913, p. 97.

[2] Cette remarque a été faite par H.-A. Lorentz au cours d'une conversation ayant pour objet les difficultés auxquelles se heurte le champ moléculaire supposé magnétique. Je suis aussi très obligé à M. Einstein de l'attention qu'il a accordée aux idées exposées dans ce Mémoire en les discutant amicalement avec moi.

phénomènes étudiés à des forces d'une nature encore inconnue. Mais, comme le moment magnétique n'est pas essentiel à la production de ces forces et sert peut-être seulement à les rendre sensibles, il se peut fort bien qu'elles jouent un certain rôle dans d'autres phénomènes naturels. L'un de ceux dont le rapprochement s'impose est celui des cristaux liquides de O. Lehmann où le réactif est optique pour une orientation de la matière semblable au ferromagnétisme spontané et disparaissant comme lui quand l'agitation thermique est suffisante.

FROTTEMENT INTÉRIEUR
DES VERRES
EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

PAR

C. E. GUYE et Mlle S. VASSILEFF

(Avec la planche VI)

INTRODUCTION

La structure isotrope des verres et les analogies qu'ils présentent avec les liquides surfondus, font présumer que leur étude au point de vue du frottement intérieur doit présenter quelques simplifications ou du moins quelques analogies avec le frottement intérieur des liquides, particulièrement aux températures élevées où l'on se rapproche davantage de l'état liquide.

La méthode proposée est celle du double fil (employée antérieurement par MM. C.-E. Guye, Freedericksz et Schapper). Cette méthode convient particulièrement pour les hautes températures, car d'une part la torsion s'effectue sans traction (c'est-à-dire sans charge) et d'autre part, l'amortissement du fil d'acier de suspension peut être négligé par rapport à celui du fil d'expérience.

Les essais antérieurs avaient montré que le frottement intérieur, et par conséquent le décrément logarithmique, aux basses températures est en général très petit. Il semble même probable qu'alors les causes amortissantes extérieures, telles que la résistance de l'air et la communication des vibrations du fil à son support peuvent influer sur la valeur du decrément que

l'on attribue au frottement intérieur de la matière et troubler ainsi complètement le phénomène.

Au contraire, aux températures élevées pour lesquelles le frottement intérieur devient très considérable, l'action des forces perturbatrices devient tout à fait insignifiante et n'agit pas sensiblement sur l'allure du phénomène.

Nos expériences ont été effectuées sur des fils de verre étiré ; elles s'étendent à des limites de température comprises entre 20° et 360°. Primitivement nous nous étions proposé d'étudier seulement la variation du decrément en fonction de la température, mais en présence de la grande complexité du sujet, nous avons été amenés à élargir un peu le champ de nos recherches et à les compléter par quelques essais destinés à déterminer l'influence d'autres facteurs, tels que la durée d'oscillation et l'amplitude. Nous avons également étudié la courbe même du mouvement amorti ; enfin nous avons tenu à nous rendre compte du degré d'isotropie des fils par quelques essais au microscope polarisant.

Les expériences que nous allons résumer paraissent jeter un jour intéressant sur le frottement intérieur en général. Elles nous ont en effet montré que ce phénomène, très complexe chez les métaux, se simplifie dans le cas des verres.

Dans l'exposé qui va suivre, nous donnerons d'abord la description du dispositif que nous avons utilisé, puis la manière d'effectuer les observations et enfin les résultats obtenus.

Description du dispositif

Dispositif général

Comme nous l'avons rappelé, nous avons employé la méthode et le dispositif que MM. C.-E. Guye et Freederikcsz ont utilisés déjà dans leurs recherches sur le frottement intérieur des métaux aux basses températures[1]. En ce qui concerne les détails de ce dispositif et la manière de procéder, nous renverrons donc le lecteur au mémoire précité.

[1] MM. C.-E. Guye et V. Fréderikcz. Frottement intérieur des solides aux basses températures. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1910.

Nous nous bornons à reproduire ici la figure représentant l'appareil et à mentionner les modifications que nous avons dû apporter soit dans le dispositif, soit dans les manipulations. Ces modifications ont été rendues nécessaires par les conditions différentes dans lesquelles le travail actuel s'est effectué.

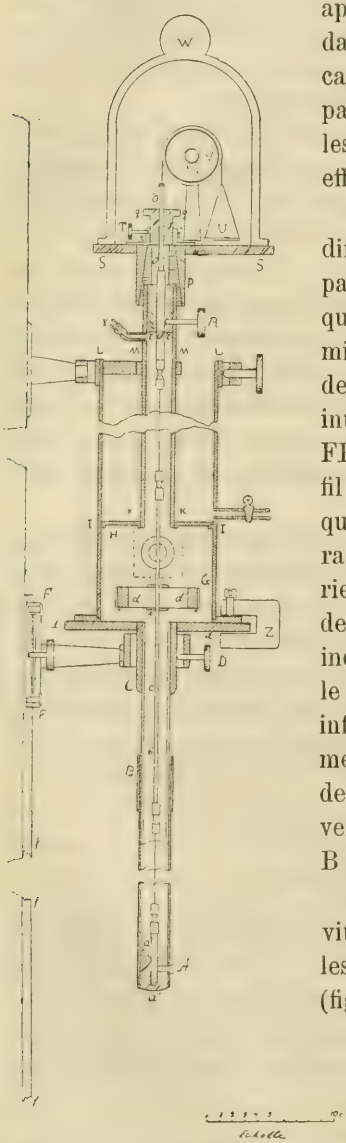


Fig. 1

C'est ainsi que nous avons dû modifier la partie inférieure A de l'appareil (fig. 1). Cette partie, telle qu'elle était dans l'appareil, primitif, se prêtait mal à la fixation des fils de verre. En effet, lorsqu'on introduisait au moyen de la glissière FF le manchon, qui doit entourer le fil de verre, celui-ci se cassait presque chaque fois que la pince de serrage placée à son extrémité inférieure venait heurter la partie creuse de la pièce A. Pour supprimer cet inconvénient, nous avons construit le manchon de manière que sa partie inférieure A pût s'enlever complètement. Elle n'était soudée au reste de l'appareil qu'après avoir recouvert complètement le fil par la partie B du manchon.

En outre, toujours dans le but d'éviter les chocs, nous avons arrondi les bords intérieurs de la pièce A (fig. 2) ainsi que ceux de la pince inférieure *a*.

Dans ces conditions, les chocs plus ou moins forts étaient évités, la pince glissait très doucement dans la partie inférieure de A.

Nous croyons bien faire de donner quelques détails sur la marche générale que nous avons suivie pour introduire le fil de verre, cette opération étant particulièrement délicate.

Après avoir amené le miroir fixé sur l'équipage en face de la fenêtre, et cela par la torsion du fil supérieur, on ajustait la partie inférieure de l'appareil, après en avoir supprimé la pièce A.

Cela fait, on fixait le tube inférieur au reste de l'appareil au moyen de trois pinces Z (fig. 1). Ensuite on soudait de nouveau la pièce A dans laquelle, à l'aide de la vis *a* (fig. 2) on fixait l'extrémité inférieure du fil, en faisant préalablement le réglage du miroir.

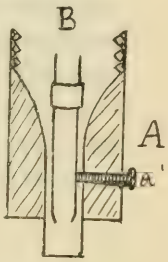


Fig. 2

Nous avons éprouvé également quelques difficultés chaque fois qu'il a fallu changer le moment d'inertie dans le but de faire varier la durée d'oscillation.

On ne pouvait pas procéder de la même manière que dans les expériences sur les métaux, les fils de verre étant très fragiles et ne supportant pas les petites secousses inévitables dans cette opération.

Nous sommes arrivés à écarter cette difficulté en plaçant sous la boite contenant les anneaux qui servent à modifier le moment d'inertie, une planchette perforée. Lorsqu'on descend l'équipage, il vient s'y appuyer et en pressant fortement avec les mains la boîte contre la planchette, on pouvait alors changer les anneaux placés à son intérieur sans soumettre le fil d'expérience à des secousses.

Suspension des fils

La suspension des fils d'expérience présentait quelques difficultés. Les fils de verre ne pouvant pas, à cause de leur fragilité, se fixer directement dans les pinces, notre premier soin a été de trouver une substance qui ne se ramollit pas dans les limites de température de nos expériences.

Nous nous sommes arrêtés à une pâte de silicate de soude et de silice amorphe dont l'emploi nous a été indiqué par M. A. Brun. Nous avons ainsi obtenu une masse d'aspect vitreux, avec

laquelle nous avons rempli de petits cylindres de laiton ayant de 0,5 à 0,6 mm. de diamètre et 2 centimètres de longueur. C'est à l'intérieur de ces petits cylindres que l'on engage les extrémités du fil d'expérience sur toute la longueur du cylindre. En séchant cette pâte devient très dure et très adhérente au verre, elle ne se ramollit pas à la température la plus élevée de nos expériences.

Une fois les fils ainsi préparés, on laissait durcir la pâte de silicate pendant trois ou quatre jours, après quoi ils pouvaient être utilisés. On fixait alors le cylindre inférieur dans une pince aux bords arrondis, l'opération étant effectuée en dehors de l'appareil, et on introduisait le cylindre supérieur dans la pince *b* (fig. 1) soudée à la tige C de l'équipage. Cela fait, on procédait, pour la mise en place de l'appareil, de la même manière que pour les fils métalliques.

Mode de chauffage

Quant au chauffage du fil d'expérience, nous nous sommes servi d'un transformateur et d'un manchon de laiton entourant le tube inférieur AB de l'appareil.

Ce manchon se termine par deux tiges de laiton qui plongent dans deux gros godets de mercure. Du transformateur aux godets, le courant est amené par l'intermédiaire de deux câbles formés de trois gros fils conducteurs. L'intensité du courant primaire seule était mesurée au moyen d'un ampèremètre. Nous dirons plus loin quelques mots sur la graduation de cet instrument en fonction de température.

Dans le circuit primaire du transformateur, nous avons intercalé deux rhéostats, ce qui permettait de faire varier l'intensité du courant dans de larges limites (de 0 à 10 ampères). Pour de petites variations — fractions d'ampère — nous avons employé un rhéostat à glissière.

Estimation de la température

Nous avons trouvé commode et suffisamment précis d'estimer les températures indirectement, par les indications d'un am-

pèremètre placé sur le primaire. A chaque valeur de l'intensité du courant indiquée par l'ampèremètre, correspondait très approximativement une certaine valeur de la température à laquelle était porté le manchon sous l'influence du courant.

Pour effectuer la graduation. nous avons opéré de la manière suivante : A la place du tube intérieur AB de l'appareil, nous avons disposé dans le manchon un thermomètre à mercure. Après que le courant de 1 ampère fut établi, le manchon commença de s'échauffer. Trois quarts d'heure après, l'équilibre de température était atteint, et le thermomètre s'arrêtait à une valeur déterminée. On attendit encore un quart d'heure pour s'assurer que l'état d'équilibre était bien atteint, et l'on nota

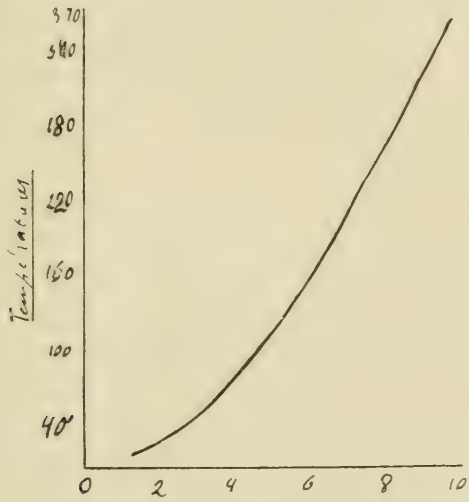


Fig. 3

soigneusement la température correspondant à 1 ampère d'intensité du courant primaire. On fit de même pour les intensités de 2, 3, 4... etc. ampères, jusqu'à la température de 360°.

Mais cette méthode de graduation à l'aide d'un thermomètre à mercure ne nous a pas permis de dépasser 360°, limite supérieure de nos expériences.

En rapportant les intensités du courant sur l'axe des abscisses et les températures sur l'axe des ordonnées, nous avons obtenu la courbe approximative des températures (fig. 3).

Mesure des amplitudes

Pour avoir une précision suffisante dans la mesure des amplitudes, nous avons employé la méthode d'enregistrement photographique déjà utilisée par M. C.-E. Guye en collaboration avec MM. Freedericksz et Schapper.

Les épreuves photographiques ayant été développées, on effectuait sur elles les mesures d'amplitude au moyen d'une lourde règle en laiton divisée en demi-millimètres. On arrivait ainsi à faire des lectures par estimation de 0,1 mm. à 0,2 mm. près. Les amplitudes mesurées étant de 5 à 30 cm., on voit que la précision était relativement grande.

Pour rendre plus facile la comparaison des résultats, nous avons enregistré sur chaque feuille de papier sensible, deux ou trois courbes correspondant à des lancements différents. Nous avions ainsi, pour chaque expérience, trois séries de résultats qui, tous, sans aucune exception, se sont montrés rigoureusement concordants.

Remarquons encore et insistons sur le fait que pour chaque impulsion la *position du zéro a été vérifiée deux fois* : avant la mise du système en mouvement et après avoir attendu que l'équipage fut revenu dans sa position d'équilibre. Dans aucun cas nous n'avons pu constater de changement appréciable du zéro. Devons-nous regarder ce fait comme une preuve de l'absence de déformations permanentes produites par les impulsions précédentes ? Nous n'avons pas fait de recherches spéciales pour pouvoir répondre catégoriquement à cette question. Nous nous bornons seulement à indiquer l'absence de la variation du zéro comme un fait d'expérience de nature à donner aux résultats une plus grande comparabilité.

Causes d'erreurs

Avant d'entrer dans la discussion plus détaillée des résultats de nos expériences sur des fils de verre de diverses qualités, nous voulons dire quelques mots sur les différentes causes d'erreurs et sur la limite de précision de la méthode que nous avons employée.

La cause d'erreur la plus importante réside dans l'existence des frottements parasites qui peuvent influer sur l'amortissement des oscillations, et dans cette catégorie il faut mentionner particulièrement la résistance de l'air et la communication des vibrations du fil à son support.

Bien que le coefficient du frottement intérieur d'un gaz soit théoriquement indépendant de la pression, il n'en est pas de même de l'amortissement. Cela tient probablement au fait que l'équipage mobile et particulièrement le miroir dans son mouvement entraîne suivant la pression une quantité plus ou moins grande de gaz. On sait que dans ce cas, la densité du fluide intervient dans l'expression de la résistance au mouvement.

Il y a donc avantage à diminuer autant que possible la pression à l'intérieur de l'appareil. C'est ce que nous avons fait au moyen d'une trompe à eau qui réalisait un vide de 25 à 30 mm. de mercure.

Par cette raréfaction, on diminue aussi l'importance des courants de convection à l'intérieur de l'appareil, et par conséquent les perturbations qui peuvent en résulter.

Nous avons fait deux mesures avec le fil de verre ordinaire à la température de 310°. L'une dans l'air à la pression normale, l'autre à la pression de 25 mm. Les décréments logarithmiques correspondants sont respectivement 0.03410 et 0,0330. On voit que pour une différence de pression assez notable, la variation de décrément est de 3 % à peu près. (Il est donc permis d'admettre qu'avec un vide de 20 à 30 mm., l'erreur commise devient tout à fait insignifiante et nous pouvons dans une première approximation la négliger complétement, le frottement intérieur du fil d'expérience étant très grand.

Les autres causes d'erreur sont plus difficiles à contrôler. On peut toutefois distinguer : 1° les secousses et les perturbations provenant de l'extérieur, 2° le frottement parasite au point d'attache du fil et 3° les mauvais lancements de l'équipage qui peuvent influer le mouvement lorsqu'on doit donner plusieurs impulsions successives. Nous reviendrons plus loin sur cette dernière cause d'erreur.

En ce qui concerne les secousses et les perturbations venant de l'extérieur nous admettons, d'accord avec M. Voigt et d'au-

tres expérimentateurs que leur effet n'a pas, en général, un sens déterminé, leur action résultante étant nulle. Elles ne sont guère à craindre parce que nous avons pris la précaution d'installer notre appareil dans une partie du bâtiment très stable, près des murs d'angle et dans le sous-sol.

D'ailleurs, la meilleure preuve que ces perturbations ne se produisaient pas fut la régularité des courbes obtenues par l'enregistrement photographique et la concordance des résultats.

En terminant, nous voulons faire quelques remarques sur la précision avec laquelle a été déterminée la température du fil. En effet, le thermomètre à mercure que nous avons utilisé pour la graduation de l'ampéremètre ne se trouvait pas dans le tube AB où était placé le fil de verre. Par conséquent, lors de l'introduction du fil les conditions n'étaient plus celles que nous avions utilisées pour la graduation et nous n'étions pas tout à fait certains de connaître avec une très grande précision la température des fils. En tout cas, pour une intensité de courant donnée, nous étions à peu près assurés d'avoir toujours une température bien déterminée.

Du reste, dans nos expériences la fixité de la température est plus importante que sa détermination exacte.

Discussion de l'équation $I\frac{d^2\theta}{dt^2} + f\frac{d\theta}{dt} + c\theta = 0$

Nous nous proposons de discuter un peu plus en détail cette équation dont l'importance nous paraît être très grande, tant pour le frottement intérieur du verre que pour la théorie du frottement intérieur en général.

Notre système d'enregistrement photographique permettait de réaliser une vitesse de 14 tours par minute. Avec une pareille vitesse on pouvait suivre le mouvement de l'équipage. Nous reproduisons sur la planche VI une partie de la courbe ainsi obtenue et sur laquelle ont été enregistrées huit oscillations complètes et successives de l'équipage pour le fil de verre de plomb [1].

[1] Les mêmes courbes, pour le verre ordinaire et le verre d'Iéna se rapprochent davantage de la sinusoïde non amortie (le coefficient du

L'hypothèse du frottement intérieur proportionnel à la vitesse et indépendant de l'amplitude, donne à l'équation du mouvement la formule bien connue suivante :

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} + f \frac{d\theta}{dt} + c\theta = 0 \qquad (1)$$

si on néglige le frottement intérieur du fil d'acier auxiliaire.

I est le moment d'inertie du système ; c le couple de torsion du fil d'expérience ; f le coefficient du frottement intérieur de ce fil.

Pour bien mettre en évidence comment cette hypothèse se traduit graphiquement, nous allons rappeler brièvement les propriétés bien connues de cette équation.

L'intégrale a généralement pour expression

$$\theta = \theta_0 e^{-at} \sin \omega t$$

ou, si l'on déplace l'origine des temps, à l'instant où le système se trouve à son maximum d'élongation

$$\theta = \theta_0 e^{-at} \cos \omega t \qquad (2)$$

C'est cette dernière formule que nous avons utilisée pour vérifier nos expériences.

En posant

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

et en introduisant l'intégrale (2) dans l'équation (1), on obtient

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{c - \frac{f^2}{4I}}} \quad , \quad a = \frac{f}{2I} \quad , \quad c = \frac{2I\lambda}{T}$$

Les oscillations successives sont isochrones ; le mobile passe par sa position d'équilibre ($\theta = 0$), avec une vitesse dirigée dans le même sens, aux époques séparées par des intervalles de temps multiples de la période T.

frottement intérieur étant très petit pour ces deux genres de verre) mais l'aspect général ne diffère pas sensiblement de ce qu'on voit sur la planche VI.

Lorsqu'il n'y a pas d'amortissement, la durée d'une oscillation est donnée par la relation suivante :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{I}{c}}$$

Mais dans le cas du mouvement oscillatoire amorti, il n'y a pas *une durée* d'oscillation définie. Nous avons alors envisagé la pseudo-période T, toujours plus grande que la période T_0 de la relation précédente et qui jouit des propriétés d'une période réelle d'un mouvement oscillatoire sinusoïdal.

Mais les intervalles de temps séparant le passage par la position d'équilibre du maximum d'élongation correspondant ne sont plus égaux à $\frac{T}{4}$.

En effet, les époques de la déviation maxima ($v = 0$) sont données par la condition

$$\begin{aligned} - \theta_0 e^{-at} a \sin \omega t + \theta_0 e^{-at} \omega \cos \omega t &= 0 \\ \theta_0 e^{-at} (\omega \cos \omega t - a \sin \omega t) &= 0 \end{aligned}$$

d'où l'on tire la condition des passages par les positions d'élongation maxima

$$\operatorname{tg} \omega t = \frac{\omega}{a}$$

L'intervalle de temps séparant les deux passages consécutifs par la position d'équilibre, n'est donc pas coupé, comme on sait, en deux parties égales par l'époque pour laquelle l'élongation est maximum. Le temps nécessaire pour aller de $\theta = 0$ à θ maximum est $\frac{T}{4} - \frac{a}{\omega^2}$. Le temps que met le mobile pour revenir à la position d'équilibre est égal à $\frac{T}{4} + \frac{a}{\omega^2}$. Ces deux valeurs de temps diffèrent très peu, tant que a qui est proportionnel à f est petit.

Les amplitudes décroissent suivant une progression géométrique. Soit, en effet, θ_1 et θ_2, deux amplitudes appartenant à deux oscillations consécutives et prises du même côté par rapport à la position d'équilibre.

D'après ce qui précède, le mobile arrive dans la position de ces deux élongations aux époques données par la condition

$$t = T + kT$$

où k représente la suite des nombres entiers. On a donc

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{e^{-a(T+kT)}}{e^{-a(T+kT+T)}}$$

et

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} = e^{aT}$$

Ce rapport est constant ; par conséquent, les amplitudes décroissent suivant une progression géométrique.

Si a est petit, on a

$$e^{at} = 1 + aT$$

d'où

$$aT = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_2} = \delta$$

Quant à la pseudo-période T, elle se calcule de la manière suivante :

Comparons T_0 et T

$$\frac{T}{T_0} = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{f^2}{4Ic}}} = 1 + \frac{f^2}{8Ic} = 1 + \frac{f^2 T^2}{32\pi^2 I^2}$$

Or

$$\delta = aT = \frac{fT}{2I} = \frac{fT_0}{2I}$$

très approximativement, d'où

$$\frac{T}{T_0} = 1 + \frac{\delta}{8\pi^2}$$

on voit aisément que la différence entre T et T_0, même pour un amortissement considérable, ne dépasse pas un dix-millième pour $\delta = 0{,}0108$.

Tels sont brièvement rappelés les principaux caractères d'un mouvement oscillatoire dont la force amortissante est proportionnelle à la vitesse de la déformation.

(A suivre)

QUELQUES REMARQUES

CONCERNANT LES

LUEURS CRÉPUSCULAIRES DU CIEL

PAR

P. GRUNER

I. *Remarques générales.*

L'année 1912 a été, par ses nombreuses anomalies, particulièrement féconde pour l'optique de l'atmosphère terrestre et, d'une manière générale, a réveillé l'intérêt de maint naturaliste pour les beaux phénomènes de coloration crépusculaire du ciel. Ayant nous-mêmes fait des observations[1] suivies (mais malheureusement pas aussi régulières que nous l'aurions voulu), nous nous permettons de donner ici un certain nombre de remarques à ce sujet.

Rappelons d'abord le caractère général des phénomènes crépusculaires, tels qu'ils se présentent par une belle soirée, surtout dans les mois d'automne. — Quelques instants après le coucher du soleil, l'horizon occidental apparaît sur une longue distance coloré de teintes claires, variant d'un rouge-cuivre (ou grisâtre), jusqu'à un jaune verdâtre. Nous nommerons ces colorations superposées en lignes horizontales les *couches horizontales* (Horizontal Streifen). Elles sont surmontées par un segment d'une vive clarté (argenté ou avec teinte jaunâtre) dont les dimensions vont d'abord en augmentant et dont l'intensité

[1] Beobachtungen der Dämmerungserscheinungen und des Alpenglühens in Bern, publiées dans les *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern*, de 1903 à 1914.

est extrêmement variable d'un jour à l'autre; nous nommerons ce segment *l'auréole* du soleil couchant. Par exception cette auréole paraît plus ou moins nettement limitée par un cercle d'une très faible couleur brun-rouge (ou même gris brun) qui ne peut être autre chose que le *cercle de Bishop*, phénomène bien connu depuis les éruptions du mont Krakatoa en 1883. L'auréole, après avoir atteint un maximum d'éclat, semble disparaître derrière les couches horizontales qui elles aussi pâlissent lentement.

Mais bientôt après, environ dix à quinze minutes après le coucher du soleil (celui-ci se trouvant à 2°-3° sous l'horizon), le ciel bleuâtre montre, à une hauteur variant de 15°-25° une tache plus ou moins nette, d'une couleur indécise, grise-violacée-pourpre, parfois aussi une faible lueur générale sans limites précises. Rapidement cette tache s'étend et s'illumine. Après cinq à dix minutes, le soleil étant à environ 4° sous l'horizon, cette tache atteint son maximum d'intensité et couvre, en forme d'un grand segment, une grande partie du ciel occidental d'une magnifique lueur pourprée (rose de fleurs de pêche), c'est la *première lumière pourprée* (Erstes Purpurlicht). Son intensité, son extension, sa forme sont extrêmement variables ; comme forme elle peut paraître en segment, ou en cercle presque complet, ou en anneau circulaire, etc. ; très souvent elle se présente comme un magnifique fuseau de rayons pourpres, entrecoupé de rayons bleus (couleur du ciel) et alors il est facile de se rendre compte que ces interruptions sont causées soit par des montagnes cachées sous l'horizon, soit surtout par des nuages dont l'ombre se projette sur la partie colorée. Enfin cette lumière sera parfois séparée nettement des couches horizontales pâles qu'elle surmonte, d'autres fois, au contraire, elle paraîtra se confondre insensiblement avec ces couches qui prennent alors une légère teinte rose — un phénomène qui ne nous semble pas encore suffisamment éclairci.

Le maximum d'extension étant atteint, la lumière pourprée commence à se rétrécir et semble glisser distinctement derrière les couches horizontales. En ce moment la coloration de la lumière pourprée va plutôt encore en augmentant, se transformant en des teintes d'un pourpre plus foncé (violacé), puis

rapidement l'intensité diminue ; les couches horizontales cependant s'illuminent à nouveau d'une clarté rouge dorée brillante ou au moins rouge orangé. Bientôt la lumière pourprée ne forme qu'un large ruban rose au-dessus des couches horizontales et, dix à douze minutes après son maximum, disparaît, laissant ces couches former une longue ligne, nettement limitée, d'un rouge de feu quelquefois très intense.

A ce moment le soleil est à environ 6° sous l'horizon ; le crépuscule civil est terminé, la nuit commence à tomber, il n'est plus guère possible de lire en plein air ; mais les lueurs crépusculaires ne sont pas encore terminées. A peine cinq minutes passées (le soleil est à environ 7° sous l'horizon), une seconde lueur plus indécise et plus faible que la première se montre parfois à une certaine hauteur du ciel occidental. Peu à peu elle devient un peu plus intense et forme la *seconde lumière pourprée* (Zweites Purpurlicht), plus foncée, moins intense que la première et surtout très vague dans ses contours. Elle aussi descend lentement et se cache après une quinzaine de minutes (le soleil étant à environ 10° sous l'horizon), derrière les couches horizontales, se confondant avec elles. Puis ces couches elles-mêmes pâlissent, prenant des teintes brunes-verdâtres ; environ une heure après le coucher du soleil, les colorations ont complètement disparu et une demi-heure plus tard, c'est la nuit qui fait son entrée définitive, le crépuscule astronomique est arrivé à sa fin, le soleil étant à 16°-18° sous l'horizon [1].

Les colorations du ciel occidental ont leurs reflets fidèles au *ciel d'orient* et ce reflet donne lieu, là, où nos alpes sont visibles, aux splendides phénomènes de « l'Alpenglühen ». Le soleil étant déjà couché pour l'habitant de la plaine, ses rayons atteignent pourtant encore les cîmes neigeuses de nos montagnes et les couvrent d'une éclatante lueur qui passe d'une teinte orangée à un rouge toujours plus foncé : c'est le vrai *Alpenglühen*, *la coloration des Alpes* par illumination di-

[1] Nous ne ferons que mentionner que les observations très précieuses de F. Schmid, à Oberhelfenswyl, font prévoir un rapport possible entre les phénomènes crépusculaires et la *lumière zodiacale* qui en formerait comme une suite.

recte[1]. En même temps l'horizon oriental prend une teinte rouge pourpre à orangée, formant des couches horizontales colorées analogues à celle de l'occident, mais d'une couleur nettement différente. Cette zone illuminée que nous nommerons la *lueur anticrépusculaire* (Gegendämmerung) commence cependant bientôt à se séparer de l'horizon, simultanément avec l'Alpenglühen qui se retire sur les cîmes élevées. Lentement surgit alors au-dessus de l'horizon oriental une zone de couleur gris-bleue (parfois un bleu d'acier) qui n'est autre chose que *l'ombre de la terre* (Erdschatten) projetée dans l'atmosphère. Cette ombre dépasse en général les cîmes de nos Alpes quand le soleil est environ à 2° sous l'horizon (cependant la réfraction atmosphérique peut sensiblement altérer cette indication) et en ce moment les parties neigeuses ont un aspect *gris-cadavéreux*. L'ombre terrestre monte toujours, bordée du beau ruban de la lueur anticrépusculaire qui, après un maximum d'éclat, pâlit, s'élargit et se confond peu à peu avec le ciel bleu au-dessus et avec l'ombre grisâtre au-dessous. Le moment, d'ailleurs très difficile à fixer, de la disparition de cette lueur correspond assez exactement à l'instant du maximum d'intensité de la première lumière pourprée.

La couleur cadavéreuse ne dure que quelques instants, bientôt les Alpes semblent reprendre vie et se couvrent d'une très légère teinte rosée (couleur de chair humaine) dont l'intensité est très variable. En ce moment il est parfois possible de distinguer à l'horizon oriental une nouvelle zone d'un rose jaunâtre (ou brun-grisâtre) ; évidemment ces secondes lueurs sont dues à la réflexion diffuse de la première lumière pourprée qui, en ce moment, est en train de disparaître ; nous les nommerons *la seconde lueur anticrépusculaire* (zweite Gegendämmerung).

[1] D'après nos observations il nous semble que c'est une erreur, assez répandue, d'attribuer le vrai « Alpenglühen » à la seconde coloration des Alpes. Les beaux phénomènes intenses de coloration des Alpes sont produits par les rayons directs du soleil, tant qu'il est à 1°-2° sous l'horizon. Parfois naturellement des nuages à l'occident, invisibles pour l'observateur, font disparaître un instant les lueurs qui reviennent un instant après de nouveau, mais qui, en réalité, sont toujours encore la suite de la première coloration des Alpes.

Sur les flancs neigeux de nos Alpes, elle peut atteindre une intensité suffisante pour les faire luire d'une coloration rouge relativement intense, c'est la *première recoloration* ou la *seconde coloration des Alpes* (erstes Nachglühen oder zweites Alpenglühen) qui, d'après son origine, a nécessairement un caractère vague, vaporeux, sans ombres précises, se formant et s'évanouissant d'une manière difficile à contrôler. Avec la seconde lueur anticrépusculaire s'élève lentement (à peine visible), la seconde ombre terrestre ; une troisième lueur anticrépusculaire, produite par le reflet de la seconde lumière pourprée, et couvrant les alpes d'une seconde recoloration (zweites Nachglühen, drittes Alpenglühen) n'a jamais pu être observée par nous à Berne.

Remarquons encore que la première ombre terrestre se perd peu à peu en s'élevant dans le ciel bleu et que sa limite n'apparaît qu'environ une demi-heure après le coucher du soleil (celui-ci étant à peu près 7° sous l'horizon), quand elle a déjà dépassé le zénith et qu'elle commence à redescendre lentement vers l'occident, enveloppant lentement le firmament céleste dans le voile de la nuit. Rappelons enfin que, comme nous l'avons pu observer dans quelques cas rares, parfois la première lumière pourprée, formée par un fuseau de rayon, s'élève jusqu'au delà du zénith et traverse en de longues lignes roses le firmament, divergeant d'abord, puis convergeant de nouveau et se réunissant dans une lueur étendue à l'orient, formant ainsi la lueur anticrépusculaire.

L'explication des colorations célestes a préoccupé depuis longtemps les physiciens et, dans les grandes lignes, la théorie de ces phénomènes paraît être trouvée.

Les calculs de Lord Rayleigh[1] semblent établir clairement que la *couleur bleue du ciel* est due à la réflexion diffuse des rayons du soleil à des particules, suspendues dans l'atmosphère, dont le diamètre est sensiblement plus petit que la lon-

[1] Lord Rayleigh (J. W. Strutt), *Phil. Mag.* (4) **41**, p. 107, 274, 1871 ; (5) **12**, p. 81, 1881 ; (5) **47**, p. 375, 1899.

M. Planck, *Berliner Akad*, 1904, p. 740.

gueur des ondes lumineuses. Non seulement ce calcul (qui donne naturellement une loi de réflexion absolument différente de celle de l'optique des corps relativement grands par rapport aux ondes lumineuses) rend compte de la couleur bleue du ciel. mais particulièrement aussi des phénomènes si intéressants de la *polarisation de la lumière céleste*. Nous n'insisterons pas sur cette théorie qui a été développée d'une manière si géniale par J.-L. Soret[1] et complétée plus tard par A. Hurion[2], puisque c'est dans ces Archives mêmes qu'elle a été publiée. Nous rappelons seulement que les mesures intéressantes des phénomènes de polarisation (spécialement la détermination de la position des points neutres, dit d'Arago et de Babinet, où cette polarisation disparaît) qui, sous l'instigation de M. Ch. Jensen[3] s'organisent de plus en plus, nous permettent de scruter l'état de notre atmosphère et de ses variations d'une manière inattendue. Mentionnons pourtant que les mesures photométriques de l'intensité du bleu du ciel ont permis de contrôler quantitativement la formule de Raylegh et que ces calculs ont démontré que ces particules, nécessaires pour la formation de la couleur bleue, étaient de l'ordre de grandeur des molécules gazeuses ; de sorte que ce sont très probablement les molécules de l'atmosphère elles-mêmes qui, par la réflexion diffuse, produisent l'azur bleu de notre firmament[4].

Si, selon cette théorie de Rayleigh, les molécules de l'air réfléchissent surtout la lumière bleue et violette, elles doivent laisser passer par contre les ondes de couleur jaune et rouge. La coloration des couches horizontales à l'occident, ainsi que la première lumière anticrépusculaire à l'orient s'expliquent aisément par cette théorie : les rayons solaires, devant traverser une couche atmosphérique épaisse, obtiendront une couleur nettement jaune à rouge, et les rayons réfléchis à l'orient aux couches de

[1] J.-L. Soret, *Arch. des Sciences phys. et nat.* (3), **20**, p. 429, 1888,

[2] A. Hurion, *Annales de chimie et physique* (7) **7**, p. 456, 1896.

[3] F. Busch et Ch. Jensen, Tatsachen und Theorien der atmosphärischen Polarisation. Hamburg 1911.

[4] Cette conception donne un nouvel appui à l'hypothèse de la structure moléculaire de la matière. Voir J. Perrin dans la « théorie du rayonnement », *Rapport du congrès Solvay*, 1912, p. 224.

vapeurs et de poussières, passant une seconde fois une couche de l'atmosphère, seront donc nécessairement d'un rouge encore plus distinct. Tous ces phénomènes cependant seront nécessairement altérés par suite de l'impureté de l'air; l'atmosphère contient jusqu'à des hauteurs relativement élevées des vapeurs, des poussières, des particules de tout genre et, d'une manière générale, l'effet de ces impuretés diminuera aussi la pureté des colorations : ainsi le bleu du ciel est toujours mitigé par une couleur gris-blanche et les couches horizontales du crépuscule présentent des nuances brunes et grises souvent très prédominantes.

Mais, d'un autre côté, ces particules d'un diamètre relativement grand (par rapport aux ondes lumineuses), produisent de tout nouveaux phénomènes. C'est à eux que nous devons les *belles colorations crépusculaires*. En effet, d'après les lois de la diffraction de la lumière, un très grand nombre de particules de formes et dimensions identiques, répartis complètement irrégulièrement dans un espace, produisent un phénomène de diffusion absolument semblable à celui d'une seule ouverture, de même forme et dimension, dans un écran. Il suffit donc que des poussières fines, d'une structure plus ou moins uniforme, soient suspendues en grand nombre dans l'atmosphère pour que l'effet de diffraction devienne visible. Ces poussières ne doivent pas nécessairement être sphériques — si seulement leurs dimensions sont à peu près les mêmes et si leur orientation est tout à fait irrégulière, il est à prévoir que l'effet total de diffraction ressemblera à celui produit par une ouverture circulaire dans un écran. Le soleil, dont les rayons traverseront une pareille couche, sera donc entouré des cercles colorés tels que nous les connaissons bien et que nous les observons en regardant contre une petite lumière à travers une plaque de verre saupoudrée de lycopodium. Les calculs détaillés de ces phénomènes, faits par E. Lommel[1] démontrent que ce sont les colorations rouges qui prédomineront dans ce cas-là.

Ainsi le cercle brun rouge qui, après les éruptions volcaniques du Krakatoa, entoura longtemps le soleil et que l'on dési-

[1] E. v. Lommel, *Abhandl. der bayr. Akademie München* (II) 19 — 1897.

gne, d'après l'observateur qui le découvrit [1], le *cercle de Bishop*, doit être attribué à cet effet de diffraction des poussières volcaniques. La détermination de son diamètre (environ 12° de rayon intérieur, 22° de rayon extérieur), permet de calculer le diamètre moyen des poussières qui le produisent. Les calculs de Pernter [2] donnent une valeur de 0,00185 mm. (tandis que les molécules qui déterminent la couleur bleue du ciel n'ont qu'un diamètre de l'ordre de grandeur de 0,0000001 mm). C'est surtout M. A. Riggenbach [3] qui, par ses observations très minutieuses, a tâché de démontrer que la première lumière pourprée est en principe le même phénomène que le cercle de Bishop, c'est-à-dire qu'elle aussi est un résultat de l'effet de diffraction dans l'atmosphère. Ici aussi nous ne nous arrêterons pas aux détails de cette théorie [4] et à toutes les difficultés qu'elle soulève, constatant seulement qu'il paraît vraiment hors de doute que *les lumières pourprées du crépuscule soient réellement des phénomènes de diffraction (compliqués par des causes secondaires), produits par de fines poussières, plus ou moins homogènes, suspendues dans notre atmosphère à des hauteurs de 5 à 22 km.*

La question qui se pose immédiatement à tous ceux qui admettent cette théorie, c'est de savoir d'où proviennent ces poussières. Il ne peut s'agir ici des poussières qui remplissent les couches inférieures de l'atmosphère et qui sont particulièrement denses au-dessus de nos centres civilisés ; ces poussières peuvent avoir une influence sensible sur les phénomènes de polarisation et sur la coloration des couches horizontales, mais non pas sur les lumières pourprées ; c'est la raison pour laquelle l'observation de ces dernières nous donne de précieux renseignements sur l'état des couches de l'atmosphère entre 5 à 20 km. au-dessus du niveau terrestre.

Si ces poussières sont d'origine terrestre il ne peut s'agir que de *poussières volcaniques*, projetées par de violentes éruptions

[1] J. Kiessling, Die Dämmerungserscheinungen im Jahre 1883 und ihre physikal. Erklärung. Hamburg und Leipzig 1885.

[2] Pernter-Exner, *Meteorologische Optik*. Wien. 1910, p. 470.

[3] A. Riggenbach, Beobachtungen über die Dämmerung, Basel 1886. Habilitationschrift.

[4] Voir Riggenbach, Pernter, Kiessling, v. Lommel, etc., *l. c.*

à une hauteur suffisante et qui, en suite de leur ténuité, ne descendent qu'avec une très grande lenteur vers le sol. Les courants atmosphériques les entrainent avec eux et les disséminent dans les contrées les plus diverses, les transformant en de vrais nuages poussiéreux avec tout le caractère variable d'un nuage, paraissant et disparaissant et reparaissant dans des intervalles très irréguliers ; ce n'est que dans le courant des mois ou même des années qu'ils disparaissent définitivement en s'éparpillant peu à peu dans toute l'atmosphère. Il est généralement admis aujourd'hui que les lueurs intenses crépusculaires des années 1883-85 et 1902-03 doivent être ramenées à cette cause : l'éruption du Krakatoa en 1883 et celle du Mont-Pelée en 1902.

Mais une autre idée s'impose de plus en plus à l'attention des physiciens : c'est la *pénétration de poussière cosmique* dans l'atmosphère terrestre qui elle aussi pourrait former des nuages poussiéreux tout-à-fait identiques à ceux dont nous venons de parler. Nous n'invoquerons comme appui de cette hypothèse que le phénomène du passage de la comète de Halley, dans la nuit du 18/19 mai 1910 (qui d'ailleurs n'a pas causé de phénomènes particulièrement sensibles), et que la théorie d'Arrhénius d'après laquelle le soleil émettrait continuellement un rayonnement corpusculaire (électrisé ou neutre) qui pénétrerait aussi partiellement notre atmosphère. Dans ce dernier cas la formation de ces nuages cosmiques devrait être en relation avec l'activité solaire, donc aussi avec le *nombre des taches solaires*. Certaines observations semblent effectivement être en rapport avec ce dernier.

Enfin, si nous nous rendons compte que les observations des lueurs crépusculaires démontrent une très grande fluctuation de ces phénomènes, la question se pose, si pour chaque renouveau de ces lueurs il faut admettre la formation de nouveaux nuages corpusculaires, ou si peut-être ces nuages ne seraient pas toujours là en plus ou moins grand nombre et que des *facteurs météorologiques* suffiraient à expliquer la visibilité ou l'invisibilité des lueurs produites par ces nuages. Nos observations semblent faire ressortir (en harmonie avec d'autres observateurs) que l'intensité et le développement général des colora-

tions crépusculaires dépend à un certain degré de la situation météorologique. D'une manière générale nous avons pu constater que les belles et grandes lueurs ne s'observent que quand un anticyclone, avec gradients faibles, couvre la partie sud-ouest de notre continent, avançant jusqu'au milieu ou même jusqu'au delà de la partie centrale de l'Europe. Si la répartition des isobares est sensiblement différente on peut s'attendre presque sûrement, même par un ciel extrêmement pur, à ne voir que des lueurs faibles ou du moins ne présentant aucun éclat particulier. Par contre l'observation d'une lumière pourprée intense, même sur un ciel en partie couvert de nuages, laisse présager pour le lendemain une journée claire.

II. *Observations des lueurs crépusculaires pendant les onze dernières années.*

Un examen rapide de nos observations des onze dernières années, complétées de quelques résultats d'autres observateurs, précisera ce qui vient d'être dit.

La poussière volcanique du Mont-Pelée (8 mai 1902) a fait sa première apparition en Europe vers le milieu de juin, produisant un affaiblissement notable de la *transparence du ciel* (observée entr'autres par M. H. Dufour [1] à Lausanne et M. A. Gockel [2] à Fribourg) et se révélant par de subites anomalies dans la *position des points neutres de Babinet et d'Arago* [3] et influent aussi le *cœfficient de polarisation* de la lumière du ciel en produisant un fléchissement de ce coefficient (Kimball [4] à Washington). Mais ce fut surtout l'apparition de phénomènes crépuscu-

[1] H. Dufour, *Comptes-rendus de Paris*, **136**. p. 713, 16 mars 1903.

[2] A. Gockel, *Meteorologische Zeitschrift*. 7 juin 1903.

[3] Voir Busch et Jensen, *l. c.* p. 219. Les distances de ces points neutres du soleil (resp. du point antisolaire) varient pendant les années 1903-06 de la manière suivante, d'après les observations de Busch :

	1903	*1904*	*1905*	*1906* (année normale).
Babinet :	43°—14°	32°—17°	25°—17°	20°—17°
Arago :	30°—18°	25°—20°	23°—20°	21°—19°

[4] Kimball, voir Busch et Jensen, *l. c.* p. 402.

laires de grande intensité et particulièrement d'une durée anormalement longue qui devint frappante. M. A. Forel[1] constata déjà en juillet l'accroissement de ces lueurs en Suisse, mais ce n'est que vers la fin d'octobre qu'elles firent apparition un peu partout en Europe et, chose curieuse, revinrent avec une certaine périodicité vers la fin de novembre, de décembre et de janvier 1903.

Ce n'est que depuis la seconde moitié de décembre 1902 que commencent nos propres *observations à Berne*. Le 23 décembre 1902 par exemple la lumière pourprée se développe d'une manière extrêmement brillante, sa durée n'est cependant pas abnorme si on la compare avec les observations des dates analogues en 1905, 07, 09, 12, 13 (où en général la lumière pourprée disparait vers 5 h. 15); mais l'intensité de coloration des couches horizontales devient extrêmement forte et se prolonge jusque vers six heures, tandis que les observations correspondantes des années ci-indiquées donnent comme moment de disparition de ces colorations 5 h. 25 à 5 h. 40. Le 27 janvier 1903 la lumière pourprée est de nouveau très intense, mais aussi de durée normale (comparée avec les dates similaires de 1907 et 1911) et de nouveau les couches horizontales gardent longtemps leur lueur intense, jusque vers 6 h. 30, tandis qu'aux dates correspondantes des autres années ces lueurs disparaissent vers 6 heures. Le mois de février 1903 qui, en général, est caractérisé par un manque frappant de coloration tant soit peu intense (même par un ciel clair), présente encore à trois reprises de belles lumières pourprées; cependant la longue durée de coloration des couches horizontales ne persiste plus. Peu à peu les lueurs perdent leur caractère extraordinaire, deviennent depuis le mois d'octobre de nouveau plus intense, et puis lentement diminuent en nombre et en intensité : ainsi nous avons compté en 1903 environ 22 cas, en 1904 encore 15 cas, en 1905 encore 12 cas de lumière pourprée dépassant la normale. Parallèlement à ce recul les autres anomalies atmosphériques (transparence du ciel, position des points neutres, coefficient de polarisation) disparaissent plus ou moins rapidement.

[1] A. Forel, *Arch. d. Sc. phys. et nat.*, 1905 (4), **19**. p. 219.

Si le recul est incontestable, il n'est pourtant pas très marqué dans nos observations. En général celles-ci tendent plutôt à confirmer l'impression que les facteurs météorologiques jouent un rôle essentiel dans le développement des phénomènes crépusculaires (voir plus loin), et en particulier aussi que l'aspect de ces phénomènes varie extrêmement avec les saisons. La seconde moitié de l'année, août-décembre, est décidément plus favorable à un beau développement des lueurs crépusculaires que les premiers mois de l'année qui, surtout de février en avril, sont si pauvres en belles lueurs.

L'année 1906 présente un recul marqué. Cette année a été la plus riche en observations ; mais avec 25 cas de lumière pourprée normale, il n'y en eut que 10 d'exceptionnels et 50 de faibles ! Les éruptions du Vésuve (du 7-8 avril et suivants) qui ont causé dans l'Europe centrale un affaiblissement de la transparence du ciel[1] et de légères anomalies des phénomènes de polarisation n'ont pas montré d'influence sensible dans nos observations, à moins que l'on ne mette sur leur compte que les phénomènes crépusculaires relativement intenses ont tous paru après le 8 avril ; à notre avis il s'agit là plutôt de différences produites par les saisons et, en général, il se pourrait que la situation météorologique de 1906, assez anormale, ait surtout causé la faiblesse des lueurs crépusculaires. L'absence complète de la seconde lumière pourprée correspond aussi à ce recul général ; pourtant il ne faut pas y attacher une trop grande importance, vu que nos observations se terminèrent souvent avant le moment du développement éventuel de cette lumière.

1907 accuse, dans sa seconde moitié, un renouveau des phénomènes crépusculaires. Sur 67 observations, 21 indiquent des lumières pourprées exceptionnelles (toutes dans la saison favorable de l'année), 16 des lumières pourprées normales, 20 des lumières faibles, et 20 sont caractérisées par l'absence presque complète de lumière pourprée malgré un ciel clair. Ici le trouble atmosphérique optique a été observé généralement. Wolf, à l'observatoire de Königstuhl[2] près Heidelberg, constate un

[1] Busch et Jensen, *l. c.* p. 230.

[2] M. Wolf, Vierteljahrsschrift der Astronom. Gesellschaft **43**, p. 207, 1908.

abaissement de la transparence du ciel depuis le milieu de mai jusqu'au 20 juin (la question, si ce trouble est causé par des éruptions volcaniques en Italie, reste irrésolue), suivi de belles lueurs crépusculaires. Les observations de Busch [1] concernant la position des points neutres de Babinet et d'Arago donnaient encore le 3 avril des valeurs normales pour ces positions, tandis que le 10 mai une variation sensible est observée, concernant surtout le point d'Arago (les distances du soleil, resp. du point antisolaire sont : Babinet 20°-17°, Arago 26°-18°), qui peu à peu disparaît de nouveau. Le coefficient de polarisation, observée à Tortose [2] montre de nouveau une diminution indubitable, et cette anomalie se prolonge en diminuant jusqu'en 1908. Rappelons ici, sans nous permettre un jugement quelconque, que l'année 1907 était une année de maximum d'activité solaire.

1908 présente un lent recul des phénomènes crépusculaires à Berne. Nous n'avons noté que 14 lumières pourprées belles et cette fois elles se concentrent plutôt vers le milieu de l'année (3, 17, 18 mai, 27-28 juin.... 22 août), laissant supposer qu'il s'agit encore des derniers restes des troubles atmosphériques de 1907 qui ne disparaissent que dans la seconde moitié de 1908.

Du 30 juin au 1er juillet (et en partie aussi le 2 juillet) un phénomène étrange fut observé dans une partie de l'Europe septentrionale et centrale : il s'agit d'un prolongement très étrange de la lumière crépusculaire jusque tard dans la nuit, accompagné de nuages lumineux dans la nuit [3]. Ce trouble atmosphérique doit avoir été un phénomène de très courte durée, les anomalies dans la polarisation de la lumière du ciel, provoquées par lui, ne furent pas très remarquables et nos observations crépusculaires donnèrent des lueurs qui, quoique belles et nombreuses aux mois de juillet et d'août, ne montrèrent rien d'exceptionnel.

Dès lors, c'est le soi-disant état normal de l'atmosphère qui s'établit jusque vers le milieu de 1912. Les années 1909, 1910, 1911 et la première moitié de 1912 se distinguent par l'absence presque absolue de lueurs intenses. Il est vrai que dans ces

[1] Busch et Jensen, *l. c.*, p. 227.
[2] Idem, *Ibid.*, p. 417.
[3] Idem, *Ibid.*, p. 230.

années-là, et spécialement pendant la période de sécheresse et de chaleur de l'été 1911, nos observations ont été particulièrement irregulières et incomplètes, mais néanmoins la constatation générale de lueurs faibles est très frappante.

L'année 1912 par contre a donné lieu, comme nous l'avons déjà indiqué au commencement de cet article, à des troubles atmosphériques extrêmement forts. Il n'est pas possible de mentionner ici les observations innombrables publiées à ce sujet[1]. et nous nous bornons à indiquer quelques points essentiels. — Du 6-8 juin, le volcan Katmaï en Alaska subit une éruption formidable, de sorte que les cendres émises s'amassèrent durant ces trois jours entr'autres sur l'île avoisinante de Kodiak, à 130 km. de distance, en une couche de 45 cm. d'épaisseur. Il est hors de doute qu'une grande partie de ces cendres ait formé un groupe de nuages poussiéreux qui ont fait leur voyage à travers l'atmosphère. M. Kimball à Washington constata le 10 juin un affaiblissement notable de la transparence du ciel, accompagné de variations de la position des points neutres de polarisation céleste. M. Wolf à Heidelberg constata cette anomalie de transparence le 20 juin, M. de Quervain, dans son expédition groënlandaise, en fut frappé à peu près à la même date en plein milieu de l'Inlandeis, Wilke à Berlin observa le trouble des points neutres le 28 juin et M. Busch à Arnsberg (en Westphalie), empêché par le mauvais temps d'observer plus tôt, confirma pleinement l'existence de ces troubles dès le 14 juillet (Babinet : 40°-17°, Arago : 31°-10°). Une enquête, provoquée par M. Maurer, démontra que sur une vaste étendue les instruments autographes de l'insolation solaire accusaient un affaiblissement notable de celle-ci, affaiblissement qui diminua lentement et disparut vers le milieu d'octobre.

Nos observations à Berne (qui malheureusement furent presque complètement interrompues du 8 avril au 23 juillet), d'accord avec d'autres observateurs, spécialement avec M. Busch,

[1] Citons par ex. : G. Hellmann, *Meteorolog. Zeitschrift*, **30**, p. 34, 1913; Ch. Jensen, *Meteorolog. Zeitschrift*, **30**, p. 81, 1913; J. Maurer, *Meteorolog. Zeitschrift*, **30**, p. 182, 1913; Busch, *Meteorolog. Zeitschrift*, **30**, p. 321, 1913; C. Dorno, *Meteorolog. Zeitschrift*, **39**, p. 580, 1912 et **30**, p. 465, 1913.

donnent des résultats inattendus. A l'inverse des observations faites jusqu'à ce jour, donnant d'intenses lumières pourprées dès que le nuage volcanique apparaît, la période du 23 juillet au 14 octobre paraît absolument dénuée de lumières pourprées belles ou même normales ; par contre l'auréole est d'une intensité extraordinaire et les couches horizontales présentent des colorations en partie très vives. Durant les mois d'été, ces anomalies diminuent en intensité et vers le milieu d'octobre il se produit un changement subit : le 9 octobre à Arnsberg, le 14 octobre à Berne, la lumière pourprée apparaît tout à coup en grande intensité. Dès cette date M. Busch enregistre 11 cas de lumières pourprées intenses jusqu'à la fin de l'année, nous en comptons 9, tandis que dans toute la période précédente (du 1er janvier au 14 octobre), nous n'observions qu'une seule fois une lueur intense.

Ces contrastes étranges et différents des phénomènes de 1902-1903 deviennent encore plus difficiles à expliquer par le fait qu'un certain nombre d'observateurs ont constaté très clairement des troubles atmosphériques avant le 6 juin. M. Eginitis, à Athènes, a nettement observé un affaiblissement de l'insolation dès le 7 avril, M. Schmid, à Oberhelfenswyl, a observé en mai des phénomènes analogues au cercle de Bishop et M. Dorno à Davos décrit le 4 mai un halo solaire d'une beauté extraordinaire.

L'explication donnée par M. Dorno[1] nous paraît pour le moment la plus plausible. M. Dorno distingue deux causes nettement différentes des troubles de l'année 1912 : d'une part la présence de nuages poussiéreux (et il nous semble qu'ici il faille bien penser en tout premier lieu aux cendres du Katmaï) et d'autre part la présence de couches vaporeuses (Stratus) très élevées et très fines et claires ; cette dernière hypothèse est confirmée par les observations directes de M. A. Wigand le 28 septembre 1912 et le 5 janvier 1913 qui, dans ses ascensions de ballon, constata l'existence d'une zone vaporeuse à des hauteurs de plus de 7000 m. Il est évident que ces couches vaporeuses devaient causer un affaiblissement notable de la transpa-

[1] Dorno, *Meteorolog. Zeitschrift* **30**, p. 465, 1913.

rence du ciel, ainsi que des variations de la position des points neutres, facilitant aussi le beau développement de l'auréole, transformant l'éclat des couches horizontales du crépuscule, produisant les phénomènes du cercle de Bishop et autres ; d'un autre côté il est possible que ces zones absorbantes aient empêché le plein développement de la lumière pourprée. A mesure que cette zone disparaissait (dans le courant de l'été et au commencement de l'automne), le bleu du ciel reprenait sa couleur normale et les phénomènes de diffraction pouvaient redevenir visibles. D'après Dorno c'est avec le 10 octobre que disparurent définitivement ces zones troublantes, et aussitôt les poussières volcaniques, suspendues dans l'atmosphère, purent faire sentir leur présence par les beaux phénomènes mentionnés ci-dessus. Nous n'entrerons pas dans les détails de cette hypothèse qui d'ailleurs n'explique pas encore suffisamment les troubles observés avant l'éruption du Katmaï, troubles qui pourraient avoir pour causes des phénomènes cosmiques encore inconnus.

L'année 1913 présente encore, d'après M. Dorno, la suite des anomalies de 1912. Nos observations ne donnent rien de remarquable pour les premiers mois de l'année, si l'on excepte une observation de la seconde lumière pourprée le 11 février. Ce n'est que pendant quelques beaux jours de la fin de mai et commencement de juin que les lumières pourprées deviennent quelque peu intenses, puis — par une analogie assez frappante avec l'année 1912 — les phénomènes crépusculaires ne dépassent plus la normale (mais sont pourtant accompagnées de seconde lumière pourprée) tout le courant de l'été, et ce n'est que vers le milieu d'octobre que les belles lueurs reprennent avec intensité. Le 19 novembre une lueur très intense se produit et à la fin de novembre et au commencement de décembre les lumières pourprées atteignent un très beau développement surtout caractérisé par l'apparition presque régulière d'une seconde lumière pourprée. Malheureusement les mois d'hiver plongent en général notre ciel de Berne sous un voile épais de brouillards qui empêchent de suivre les lueurs consécutivement pendant un temps un peu long. Mais les colorations violettes-pourprées que cette mer de brouillard présentait à certains soirs

laissent prévoir que les phénomènes crépusculaires étaient intenses toute la première moitié de décembre — correspondant à la situation météorologique de cette période.

III. *Photométrie de la lumière pourprée.*

Nos conclusions, basées essentiellement sur la statistique des lumières pourprées intenses, peuvent donner lieu à maintes objections.

D'un côté, ce dénombrement statistique devient parfois un peu illusoire, puisque chaque année un certain nombre de soirées claires ne figure pas dans la liste; puis, les observations elles-mêmes ne sont pas toutes faites d'une manière identique : le lieu d'observation et avec lui les parties de l'horizon visible varient, et le temps et l'attention voués à l'examen des lueurs ne sont pas toujours les mêmes. Mais surtout toutes ces observations, même les plus soignées, ont un caractère excessivement subjectif. Les indications des colorations et de leur intensité ne diffèrent pas seulement d'un observateur à l'autre, mais aussi pour le même observateur. Une inclinaison un peu marquée de la tête, une fatigue des yeux ont déjà une certaine influence; puis la manière dont les yeux de l'observateur sont occupés entre deux observations subséquentes est extrêmement importante; par exemple la lecture d'un journal entre deux observations avait toujours pour suite un rehaussement sensible de l'éclat des lumières pourprées, tandis que le repos complet de l'œil ne donnait pas des illusions pareilles. Puis la lumière environnante (lumière artificielle devenant nécessaire pour inscrire les notes vers la fin des lueurs), le cadre donné par l'horizon (maisons claires ou sombres, arbres, etc.), le contraste entre les lueurs crépusculaires et la lumière générale du ciel et des alentours — tout cela exerce une influence notable sur l'impression que les lueurs produisent sur l'observateur — et il est en général impossible de se soustraire à ces troubles. Enfin, et c'est le point qui nous paraît essentiel, *l'observateur ne possède pas de point de comparaison qui lui aiderait à fixer la couleur et l'intensité de la lumière pourprée.* Et pour

cette raison, malgré l'expérience donnée par une habitude d'une dizaine d'années, il est souvent impossible de comparer avec précision les lueurs de deux soirées différentes — et d'autant plus la comparaison des observations réparties sur une dizaine d'années devient une chose très délicate. Il ne faut pourtant pas exagérer toutes ces causes d'incertitudes ; le caractère général d'une lueur crépusculaire pourra toujours être déterminé d'une manière suffisante pour savoir s'il s'agit d'un phénomène faible, normal, ou d'une intensité extraordinaire. Mais néanmoins la nécessité d'une plus grande précision devient très désirable. C'est pour cette raison que nous avons commencé l'été dernier une série de *mesures spectro-photométriques* qui devaient parer aux inconvénients que nous venons d'énumérer.

Ces mesures photométriques n'ont qu'un caractère absolument préliminaire ; mais comme elles permettent déjà de déduire quelques résultats généraux, il nous paraît utile de les publier ici.

Depuis le 15 août 1913 jusqu'à la fin de l'année, nous avons pu faire ces mesures à 17 soirées. L'appareil employé dans ce but est un petit spectrophotomètre à main, construit sur nos indications par MM. Fuess, de Berlin. La lumière du ciel, concentrée par une lentille sur une fente d'ouverture variable, traverse deux nicols et peut donc être diminuée d'une manière mesurable. Traversant ensuite un réseau de diffraction, elle est décomposée spectralement et une fente mobile et variable permet d'isoler la partie voulue du spectre. Une petite lampe à incandescence, nourrie par un accumulateur et maintenue à un potentiel constant, projette par un prisme de réflexion sa lumière constante sur la même fente et permet ainsi de comparer l'intensité spectrale de la lumière pourprée à cette intensité constante. En faisant d'ailleurs varier le potentiel de cette lampe d'une manière connue ou en intercalant des écrans de verre mat devant elle, il est possible d'adapter cette intensité aux grandes variations d'intensité de la lumière pourprée.

Nos observations se concentrèrent sur la partie rouge du spectre (de 625-655 μμ.), la fente était toujours verticale; la rotation du nicol peut être évaluée jusqu'à un demi degré ; la

durée d'une observation composée de deux mesures faites à 90 degrés de distance, était d'environ une demi-minute.

Les résultats n'atteignent, par la nature des choses, pas une très grande précision. La lumière du ciel, elle-même faiblement polarisée, n'est mesurée que par sa composante verticale. La constante de l'appareil n'a pas pu être déterminée avec toute l'exactitude désirable. Les difficultés de la photométrie que chaque expérimentateur connaît sont augmentées par le fait que les observations se font en plein air, c'est-à-dire au milieu d'une lumière diffuse très désagréable. La lecture du cercle du nicol et la notation des observations dans le mi-obscur, alternant avec les mesures photométriques, est fatiguante pour les yeux, surtout que les observations doivent se suivre rapidement, vu les changements rapides de la lumière pourprée. Enfin, l'appareil étant d'abord destiné à être tenu dans la main, il était très difficile de fixer une partie précise du ciel, et involontairement l'œil et la main cherchaient la partie la plus illuminée du ciel. Pour cette raison, l'appareil fut plus tard posé sur un support primitif, de sorte que les dernières observations donnent une image plus fidèle du développement de la lumière pourprée que les premières. Nous espérons d'ailleurs, avec un appareil perfectionné, atteindre cette année une plus grande précision dans nos mesures.

Mais ces mesures, quoique encore imparfaites, suffisent pleinement pour comparer nos notes visuelles du développement de la lumière pourprée aux observations photométriques.

Le tableau suivant nous donne cette comparaison.

Pour les hauteurs du soleil sous l'horizon, de —2°,5 à —5°,0 nous indiquons aux dates ci-nommées dans la première colonne, en chiffres italiques, l'intensité photométrique mesurée dans le rouge (dans des unités quelconques) et dans la seconde colonne, en chiffres ordinaires, l'intensité visuelle. Cette dernière est déterminée de la manière suivante : Nous désignons l'éclat de la lumière pourprée, telle qu'elle se présente à notre œil, avec 6 degrés.

0 = rien, 1 = faible, 2 = normal, 3 = beau, 4 = très beau, 5 = exceptionnellement beau.

En dessinant d'après nos notes une courbe, correspondante

à ces notations, il est facile (voir la planche ci-jointe), de déduire l'intensité visuelle de demi en demi degrés de hauteur du soleil. Naturellement ces courbes sont, comme nous l'avons dit, excessivement subjectives.

	22. VIII [1]		23. VIII		2. IX		22. IX		25. IX		13. X		18. X	
	Phot.	Vis.	*Phot.*	Vis.	*Phot.*	Vis.	*Phot.*	Vis.	*Phot.*	Vis.	*Phot.*	Vis.	*Phot.*	Vis.
-2°,5	*2,2*	1,5	*1,8*	0,8	*1,5*	0,5	*1,9*	1,1	*1,7*	1,0	*1,5*	2,0	*3,5*	1,2
-3°,0	*1,7*	1,8	*1,0*	1,2	*0,5*	1,2	*0,9*	1,4	*0,8*	0,8	*1,2*	2,0	*2,5*	1,5
-3°,5	*1,4*	2,0	*0,5*	1,3	*0,3*	1,3	*0,5*	1,5	*0,4*	0,8	*0,5*	1,7	*1,5*	2,2
-4°,0	*0,8*	1,9	*0,4*	0,6	—	0,6	—	1,1	*0,3*	1,1	*0,2*	1,2	*1,0*	3,0
-4°,5	*0,6*	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	*0,8*	4,0
-5°,0	*0,4*	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	*0,5*	2,4

	20. X		10. XI		29. XI		1. XII		2. XII		8. XII		9. XII [1]	
	Phot.	Vis.	*Phot.*	Vis.	*Phot.*	Vis.	*Phot.*	Vis.	*Phot.*	Vis.	*Phot.*	Vis.	*Phot.*	Vis.
-2°,5	*1,5*	1,0	*2,8*	1,3	*4,0*	1,0	*5,8*	0,8	*3,4*	1,3	*3,1*	1,2	*2,3*	2,0
-3°,0	*1,0*	1,1	*2,0*	1,2	*4,2*	1,6	*3,9*	2,1	*3,1*	2,2	*1,9*	1,9	*1,7*	2,6
-3°,5	*0,7*	1,3	*1,2*	0,4	*4,1*	2,3	*2,9*	2,5	*2,7*	2,4	*1,7*	2,4	*1,0*	2,9
-4°,0	*0,5*	1,7	*0,6*	—	*2,7*	3,1	*2,3*	2,7	*2,0*	2,5	*1,2*	2,8	*0,9*	1,8
-4°,5	*0,4*	1,8	—	—	*1,9*	3,5	—	3,0	*1,6*	2,3	*0,4*	2,6	*0,3*	2,4
-5°,0	—	—	—	—	—	2,2	—	—	—	—	*0,3*	2,1	—	—

Les résultats des observations de décembre qui présentent le maximum de précision sont indiqués par les courbes de la planche ci-jointe.

Le résultat général qui ressort de ces chiffres et qui se révèle par un simple coup d'œil sur la planche — et qui d'ailleurs était à prévoir, mais non pas d'une manière si frappante — se résume en ces mots :

Les intensités de la lumière pourprée sont un phénomène essentiellement subjectif, déterminé en tout premier lieu par des effets de contraste très marqués entre les parties crépusculaires du ciel et l'illumination générale du ciel et de l'horizon.

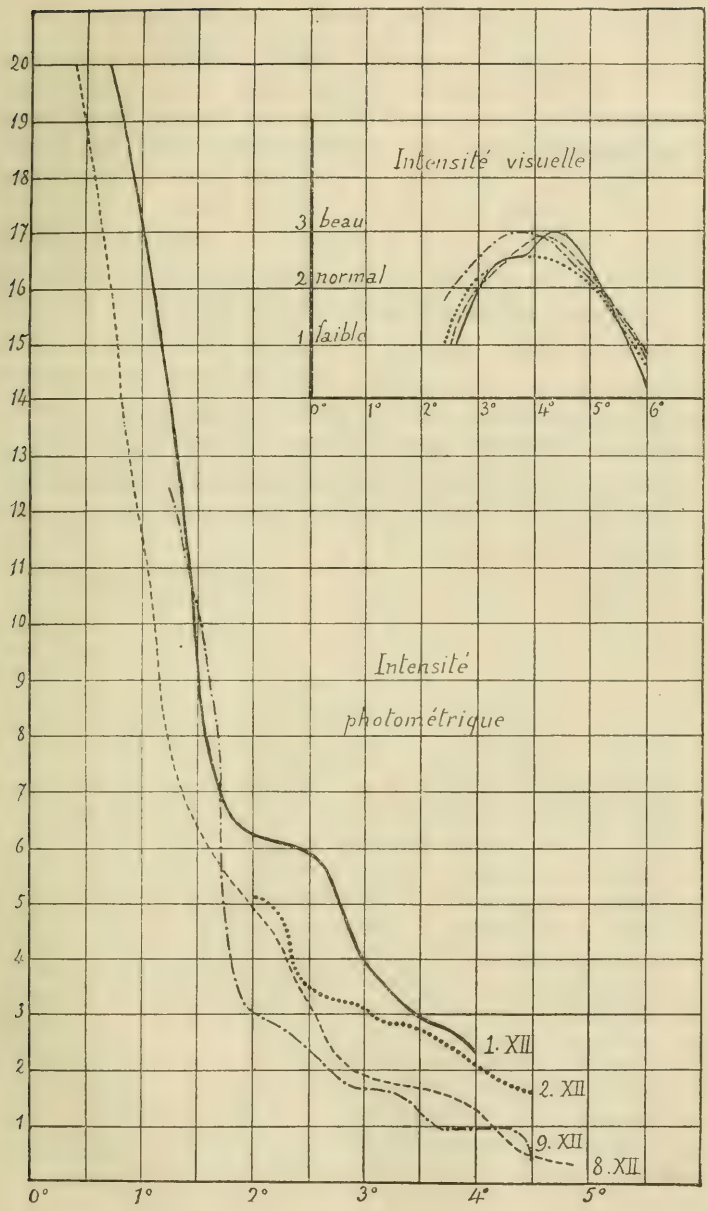
[1] Le 22. VIII et le 9. XII les colorations sont surtout dues aux reflets de cirrus couvrant en partie le ciel occidental.

En effet, tandis que la courbe visuelle monte fortement de —2°,5 jusque vers —3°,5 ou —4°, puis redescend plus ou moins symétriquement, la courbe photométrique tombe d'une manière continue, à mesure que le soleil baisse sous l'horizon (il n'y a que de très rares exceptions, par exemple le 29 novembre, où l'intensité photométrique augmente un peu de —2°,5 à —3°). L'augmentation quelquefois si intense de la lumière pourprée n'est donc pas un véritable renforcement de luminosité, mais purement et simplement un effet de contraste. Les moments de maximum d'intensité visuelle de la lumière pourprée (voir le 18. X, 29. XI, 8. XII, 9. XII), correspondant à des intensités photométriques, ne dépassant pas la valeur 2,0, tandis que la lueur faible du commencement de la lumière pourprée donne des intensités photométriques dépassant la valeur 5,0 (le 1. XII) !

Cela ne veut cependant pas dire que ces belles colorations soient une pure illusion. Car les courbes photométriques qui, après le coucher du soleil, descendent très rapidement (voir la planche ; par exemple pour l'abaissement du soleil de 1° une chute d'intensité de 20 à 6), indiquent tous un ralentissement marqué dès que le soleil est à 2° ou 3° sous l'horizon, et ce ralentissement est surtout net vers le moment où la lumière pourprée atteint son intensité maximum. Il est donc hors de doute que la lumière pourprée produit objectivement une nouvelle coloration du ciel qui a pour suite un ralentissement de la chute d'intensité lumineuse générale. Les mesures avec l'appareil perfectionné permettront peut-être de suivre encore mieux l'intensité objective de la lumière pourprée.

Si nous comparons enfin les différentes soirées entre elles, nous voyons aussi des différences très frappantes entre les intensités photométriques et visuelles.

Par exemple le 18. X et le 29. XI présentent un magnifique développement de la lumière pourprée (par un ciel très pur) et les observations visuelles sont (vu leur grande approximation), identiques, mais les mesures photométriques diffèrent sensiblement. Le même phénomène se produit entre le 2. XII et le 8. XII, et ici les intensités photométriques sont plus fortes le 2. XII, tandis que l'œil note une lueur plus intense le 8. XII. Compa-


Intensité visuelle
3 beau
2 normal
1 faible
0° 1° 2° 3° 4° 5° 6°
Intensité photométrique
1. XII
2. XII
9. XII
8. XII
0° 1° 2° 3° 4° 5°
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

rons enfin les valeurs de différentes belles soirées au moment où le soleil est à —4°,5 sous l'horizon, et nous trouvons :

	22.VIII	18.X	20.X	29.XI	2.XII	8.XII	9.XII
Intens. photomét.	0,6	0,8	0,4	1,9	1,6	0,4	0,3
» visuelle..	1,5	4,0	1,8	3,5	2,3	2,6	2,4

Il n'y a aucun rapport à établir entre ces deux intensités. Mais, ceci n'est pas étonnant, vu que la clarté générale du ciel se superpose à la lumière pourprée pour les lumières photométriques, tandis que l'intensité visuelle dépend au contraire de la différence de ces deux lumières. Peut-être sera-t-il possible de mesurer l'intensité relative (photométrique) de la lumière pourprée à la lumière générale du ciel et alors il sera plus aisé de contrôler les impressions tellement personnelles que produisent sur nos yeux les colorations si intéressantes du ciel crépusculaire.

Berne, 9 février 1914.

COMPTE RENDU DE LA SÉANCE

DE LA

SOCIÉTÉ SUISSE DE PHYSIQUE

réunie à Bâle le 28 février 1914

Président : M. le prof. P. Weiss (Zürich).
Secrétaire : » H. Veillon (Bâle).

Président. Partie administrative. — M. Laue. Sur les phénomènes d'interférences de rayons Röntgen. — F. Himstedt. Sur la double réfraction électrique. — Braun. Sur une mesure en valeur absolue du champ rayonné par la tour Eiffel à Strasbourg. — H. Veillon. Quelques expériences de radiotélégraphie. — Edgar Meyer et Walther Gerlach. Sur l'effet photoélectrique de particules ultramicroscopiques aux basses pressions. — A. Einstein. Méthode pour la détermination de valeurs statistiques d'observations concernant des grandeurs soumises à des fluctuations irrégulières. — Ed. Guillaume. Sur la vitesse de la lumière. — E. Ratnowsky. Sur la théorie électronique de la conductibilité électrique et calorifique.— O. Bloch. Sur une question de méthode dans l'enseignement de l'électrotechnique générale. — A. Jaquerod. Diffusion du néon à travers le verre ordinaire. — P. Chappuis. Sur la dilatation du mercure. — R. Trümpler. Nouvel instrument pour la détermination photographique des positions d'étoiles fondamentales. — H. Konen. *a)* Sur le rayonnement de résonnance des vapeurs de S, S*e*, T*e*, P et A*s*. — *b)* Sur les halos de lignes de séries des métaux alcalins. — J. de Kowalski. *a)* Sur une lampe à filament de tungstène utilisée comme source continue dans l'ultraviolet. — *b)* Sur les différents spectres du mercure du cadmium et du zinc. — F. v. Hauer. Sur quelques phénomènes de luminescence. — Matthies. Sur les relations entre la luminescence et l'ionisation. — Bernoulli. *a)* Dispositif pour engendrer des rayons restants et pour mesurer l'émission d'après la méthode de Hagen et Rubens. — *b)* Une démonstration élémentaire de la formule de Planck. — H. Zickendraht. Recherches sur les détecteurs à contact. — Fortrat. Actions du champ magnétique sur les bandes spectrales. — M. Ziegler. Sur les propriétés magnétiques de la Pyrrhotine. — De Freudenreich. Sur l'aimantation initiale en fonction de la température. — G. Foex. Le paramagnétisme des cristaux. — Pierre Weiss. Alliages des métaux ferromagnétiques. — Cabrera, Guzman et Moles. Etude magnétochimique des solutions de sulfate, de chlorure et d'azotate de nickel. — Albert Perrier. Remarques à propos de la nature du champ moléculaire.

M. Pierre Weiss souhaite la bienvenue à M. le prof. Braun, de Strasbourg et à M. le prof. Himstedt, de Fribourg-en-Brisgau qui ont aimablement répondu à l'invitation qui leur avait été faite. MM. les professeurs Lehmann et Konen par contre qui avaient annoncé des communications ont été retenus à la dernière heure.

Sur la proposition du président la Société décide de participer à la publication des œuvres d'Euler par la souscription d'une cotisation annuelle de 20 fr. Malheureusement les finances de la Société ne lui permettent pas l'allocation d'une contribution plus élevée à cette entreprise si importante de la Société helvétique des sciences naturelles, mais elle espère démontrer du moins par cette décision tout l'intérêt qu'elle prend à la bonne réussite de cette œuvre.

M. Laue (Zurich). — *Sur les phénomènes d'interférence de rayons Röntgen.*

L'auteur montre d'abord, comme faisant suite à la communication qu'il a faite à la Société il y a une année, quelques clichés d'interférences obtenus avec du sulfate de nickel tétragonal et du béryl hexagonal.

Il indique l'extension donnée à la théorie par M. Debye[1] qui a étudié l'influence de la température. Le résultat, très curieux au premier abord, que ni la position, ni la netteté des points d'interférence, mais que seule l'intensité est influencée par la température, se trouve complètement confirmé par l'expérience. D'après les recherches de M. de Broglie[2], les points d'interférence de la tourmaline ne changent ni en position, ni en netteté, que l'on fasse l'expérience à la température de l'air liquide, à la température ordinaire ou à celle du rouge vif. D'après les recherches faites par l'auteur en collaboration avec M. van der Lingen[3], si l'on fait traverser par des rayons Röntgen provenant d'un même tube, d'une part du sel gemme à la température ambiante et d'autre part du sel gemme à 300° C, on obtient les figures d'interférences plus inégalement vite dans le premier cas que dans le second.

Pour finir, l'auteur montre et explique le modèle de constitution du diamant établi d'après les travaux de MM. W. H. et W. L. Bragg[4]

[1] P. Debye, *Verh. d. D. Physik. Ges.*, 1913, **15**, 678 et 738.

[2] M. de Broglie, *Le Radium*, 1913, **10**, 186.

[3] M. Laue et van der Lingen, *Phys. Zs.*, 1914, **15**, 75.

[4] W. H. Bragg et W. L. Bragg, *Proc. Roy. Soc.*, 1913, **89**, 277. Un exposé d'ensemble de toute la question paraîtra en avril dans le Livre commémoratif de l'inauguration du nouveau bâtiment de l'Université de Zurich.

F. Himstedt (Fribourg-en-Brisgau). — *Sur la double réfraction électrique.*

L'auteur indique les recherches qu'il a faites avec un interféromètre Zeiss-Rayleigh sur le CS_2 pour déterminer la variation de la vitesse de la lumière parallèlement et perpendiculairement aux lignes de force électriques.

Il a trouvé, en concordance avec les résultats de Aeckerlein, que la lumière polarisée parallèlement aux lignes de force est accélérée tandis que, polarisée perpendiculairement, elle est retardée, donc, contrairement aux données de Kerr, que les deux composantes subissent une influence mesurable. Mais, tandis que Aeckerlein, qui opérait avec des oscillations électriques, a trouvé la valeur — 2 pour le rapport $\frac{n_1 - n_0}{n_2 - n_0}$, l'auteur qui a opéré avec une tension constante, a trouvé — 4 pour ce même rapport.

D'après l'auteur, il n'est pas possible de tirer de ces recherches des arguments pour ou contre l'une ou l'autre des théories en cours, bien qu'il n'eût pas été possible de déterminer exactement l'influence de l'électrostriction sur la double réfraction, un point dont l'importance a déjà été relevée par M. Voigt, lors de la discussion des recherches d'Aeckerlein.

Braun (Strasbourg). — *Sur une mesure en valeur absolue du champ rayonné par la tour Eiffel à Strasbourg.*

La méthode de mesure a été basée uniquement sur l'emploi de circuits fermés dont les dimensions linéaires sont petites par rapport à la longueur d'onde λ. (Par exemple, 3×3 m. pour $\lambda = 2200$ m.). On peut alors, au moyen de tels circuits, déterminer le champ par portion. Ce qu'on mesure, c'est l'amplitude f_0 du vecteur magnétique ; de cette façon, le champ est complètement déterminé. Dans ces recherches préliminaires, on a trouvé, par deux sortes d'observations différentes :

$$f_0 = 0{,}36 . 10^{-5} \text{ gauss}$$
$$f_0 = 0{,}41 . 10^{-5} \text{ gauss}$$

L'auteur croit que ces valeurs sont trop fortes. Si l'on prend provisoirement $f_0 = 0{,}3 . 10^{-5}$ g., on trouve, pour l'amplitude du champ électrique :

$$c_0 = 0{,}09 \text{ volt : mètre}$$

D'après des renseignements fournis par M. Ferrié sur les conditions d'émission à la tour Eiffel, on a pu calculer le champ f_0 en faisant quelques hypothèses. On a trouvé ainsi

$$f_0 = 0{,}6 . 10^{-5} \text{ gauss}$$

L'auteur croit que cette valeur est trop faible. Elle a été calculée dans l'hypothèse qu'il n'y a aucune absorption. Une chute du champ à peu près au quart et non à la moitié de la valeur calculée sans absorption, concorderait assez bien avec la théorie de Sommerfeld.

H. Veillon (Bâle). — *Quelques expériences de radiotélégraphie.*

Grâce à l'entremise du Comité de la Société helvétique des sciences naturelles nous avons pu obtenir des autorités fédérales l'autorisation d'installer à l'Université de Bâle une station de T. S. F. comprenant un poste récepteur et un poste transmetteur. Cette installation, encore modeste, a été faite par M. le Dr H. Zickendraht et par moi avec les moyens dont dispose l'institut de physique, et elle nous a permis déjà de reproduire, à titre d'essai, quelques-unes des expériences importantes relatives à la question des accouplements. Notre antenne réceptrice se trouve située sur le Bernoullianum où se trouvent également nos appareils récepteurs. Notre station expéditrice est située dans une autre partie de la ville, dans la centrale des horloges au Nadelberg, où se trouvent aussi les appareils de transmission. Une antenne formée d'un fil unique d'une centaine de mètres est tendue de là jusqu'à la flèche de l'église St-Pierre. Des signaux furent donnés par ce poste et furent reçus par la station réceptrice où ils furent rendus visibles pour toute l'assistance au moyen d'un galvanomètre Einthoven à fil unique projeté sur un écran. Nous recommandons ce dispositif très avantageux lorsqu'il s'agit de démonstrations de T. S. F. devant un auditoire. L'expérience que nous fîmes voir au sujet des théories de l'accouplement et de l'action des étincelles soufflées était celle-ci.

L'antenne transmittrice est actionnée par un circuit oscillateur fermé avec accouplement mixte. On sait que dans ce cas il y a une action en retour de l'antenne sur le circuit fermé, ce qui donne lieu à deux groupes d'oscillations distinctes, de période et de longueur d'onde différentes qui se superposent. Nous fîmes voir en effet à l'auditoire que dans ces conditions on trouve deux positions distinctes de réglage des appareils de réception pour lesquelles il y a résonance, c'est-à-dire maximum d'écart du fil du galvanomètre. Si maintenant on remplace l'étincelle transmittrice ordinaire par une étincelle subdivisée en une série de très petites étincelles, par ce que l'on nomme une étincelle soufflée, la rupture de l'étincelle excitatrice devient si brève comme l'a fait voir M. Wien, que l'action en retour n'a plus le temps de se produire et que l'antenne ne vibre plus qu'avec une seule longueur d'onde.

Ayant donc remplacé l'étincelle ordinaire par une étincelle soufflée, nous pûmes faire voir à l'assistance qu'il n'y avait plus qu'une seule position de réglage dans le poste récepteur donnant au galvanomètre un maximum. Les valeurs quantitatives montrèrent que, conformément à la théorie, la longueur d'onde unique dans ce cas est la moyenne entre les deux longueurs d'onde du cas précédent, et en outre que l'amplitude de l'oscillation devient notablement supérieure.

A titre de seconde expérience on fit voir par le même dispositif de projection à tout l'auditoire la réception du signal horaire de 11 heures donné par la Tour Eiffel. Dans le galvanomètre Einthoven la tension du fil est facilement réglable, ce qui permet nettement de distinguer les points des traits des signaux Morse.

Ajoutons que notre antenne réceptrice pouvait au moyen d'un commutateur être reliée soit à un appareil ordinaire de réception contenant un variomètre de Rendahl, soit à un appareil plus complet du système « Telefunken » permettant la réception de longueurs d'onde très grandes et très petites.

Edgar Meyer et Walther Gerlach (Tubingue). — *Sur l'effet photoélectrique des particules ultramicrospiques aux basses pressions.*

Dernièrement, l'effet photoélectrique sur des particules métalliques ultramicroscopiques a été découvert en même temps par M. A. Joffé [1] et par nous [2]. Comme résultat le plus remarquable, nous avions constaté qu'il était nécessaire de soumettre les particules à l'ultra-violet pendant un temps fini pour qu'un électron fut émis. Nous avions donné le nom de « retard » à cette durée.

On pourrait penser à identifier ce retard avec le « temps d'accumulation » de l'énergie que prévoit la théorie du rayonnement de Planck, c'est-à-dire avec le temps qu'il faut à un résonnateur pour absorber l'énergie $h.\nu$. Dans notre premier travail *(loc. cit.)* nous avions déjà indiqué les raisons que l'on peut donner contre cette manière de voir. Il nous a été possible de montrer, par une expérience directe, que le retard ne peut avoir qu'une signification secondaire et que, selon toute probabilité, il n'y a aucune relation de cause à effet entre l'effet photoélectrique proprement dit et ce retard.

Dans ce but, nous avons mesuré le retard de la *même* particule

[1] A. Joffé, *Sizungsber. d. Bayer. Akad.*, 1913, p. 19.

[2] Edgar Meyer et Walther Gerlach, *Arch. sc. phys. et nat.*, 1913, (4), **35**, 398.

[3] M. Planck, *Ann. d. Phys.*, 1912 (4), **37**, 642.

en fonction de la pression du gaz lorsqu'on maintient constante l'intensité de l'ultraviolet dans le condensateur de Millikan. Ces mesures ont montré que le retard T décroit en même temps que la pression p.

L'exemple suivant se rapporte à une particule de platine, supposée sphérique, dont le rayon déterminé par la formule de Stokes est de $11{,}2 . 10^{-5}$ cm.

N° 608. Pt.

p	T	p	T
743mm	18″,8	342mm	5″,2
641mm	15″,1	240mm	5″,3
543mm	8″,4		
443mm	6″,9	141mm	5″,1

Pour chaque nombre, T est donné par la moyenne de 10 mesures indiquées en secondes.

Il résulte donc bien de ces expériences que le gaz a une influence sensible sur la grandeur du retard.

Par ces recherches et d'autres, nous avons été conduit à une explication basée sur la théorie cinétique des gaz et qui semble très plausible. Ceci fera l'objet d'une publication ultérieure.

A. Einstein (Zurich). — *Méthode pour la détermination de valeurs statistiques d'observations concernant des grandeurs soumises à des fluctuations irrégulières.*

Supposons que la quantité $y = F(t)$ (par exemple le nombre des taches solaires), soit déterminée empiriquement en fonction du temps, pour un intervalle très grand, T. Comment peut-on représenter l'allure statistique de y?

Une réponse à cette question, suggérée par la théorie du rayonnement, est la suivante.

On suppose y développé en série de Fourier :

$$y = F(t) = \sum A_n \cos \pi n \frac{t}{T}$$

Les cœfficients successifs A_n du développement seront, en grandeur et en signe, très différent les uns des autres et se succèderont de façon irrégulière. Mais si l'on forme la valeur moyenne $\overline{A^2_n}$ de A^2_n pour un intervalle Δn de n très grand, mais cependant suffisamment petit pour que $\frac{\pi \Delta n}{T}$ soit très petit, cette valeur moyenne sera une fonction continue de n.

Nous l'appellerons l'*intensité* I de y correspondant à n. L'intensité ainsi définie aura une période $\theta = \frac{T}{n}$; nous la désignerons par I (θ); le problème consiste à la déterminer.

Un calcul simple donne :

$$I(\theta) = \overline{A^2{}_n} = \frac{2}{T^2}\int_0^T\int_0^T F(t)F(n) \,.\, \cos \pi n \frac{t-n}{T}\, dn dt$$

Il suit de là que la fonction I cherchée peut être déterminée, à un facteur numérique près, par la règle suivante :

On choisit un intervalle de temps Δ et on forme la valeur moyenne :

$$\mathfrak{M}(\Delta) = \overline{F(t)F(t+\Delta)} \tag{1}$$

qui, pour la courbe donnée y, est une fonction caractéristique de Δ. Cette courbe tendra, pour de grandes valeurs de Δ, vers une limite, que l'on pourra rendre nulle par une translation convenable de l'axe des abcisses (axe des t et axe des Δ). Alors on a :

$$I(\theta) = \int_0^\infty \mathfrak{M}(\Delta) \cos \pi \frac{\Delta}{\theta}\, d\Delta \tag{2}$$

Pour effectuer l'intégration indiquée en (2), on connaît déjà des dispositifs mécaniques. Mon ami, M. P. Habicht, m'a montré en outre que la détermination des moyennes de (1) peuvent se faire aisément à l'aide d'un intégrateur mécanique de maniement facile. L'exécution pratique de la méthode semble donc n'offrir aucune difficulté particulière.

Nous ferons encore remarquer qu'un intégrateur permettant de former des moyennes du type (1), peut aussi être employé pour répondre à la question suivante : Y a-t-il ou non entre deux grandeurs F_1 et F_2 qui toutes deux sont déterminées empiriquement en fonction du temps, une relation de cause à effet? Si l'on forme en effet,

$$\mathfrak{M}(\Delta) = \overline{F_1(t)F_2(t+\Delta)}$$

en fonction de Δ, on obtient pour $\mathfrak{M}(\Delta)$ une droite horizontale s'il n'y a pas de relation de cause à effet. Si une telle relation existe, sans un retard appréciable, on obtient une courbe qui, pour $\Delta = 0$, possède un extremum. S'il y a retard appréciable, la courbe a un extremum correspondant à une autre valeur de Δ.

M. Weiss fait remarquer combien la méthode de M. Einstein rendra de services à la météorologie très riche en matériaux qui, jusqu'à présent, étaient à peu près inutilisables.

Ed. Guillaume (Berne). — *Sur la vitesse de la lumière.*

L'auteur rappelle brièvement la relation fondamentale qu'il a indiquée ici même (*Archives,* nov. 1913 et *C. R.,* 8 déc. 1913), entre la vitesse de propagation de la lumière ou, plus généralement, de l'énergie, et le principe de Carnot. La seule thermodynamique permet en effet de démontrer que *la vitesse de propagation de la lumière ne peut pas être fonction* uniquement *de la vitesse de la source lumineuse.*

Soit v la vitesse de la source et c celle de la lumière par rapport à un même observateur. On ne peut pas avoir uniquement :

$$c = f(v) = c_0 + \alpha v + \beta v^2 + \ldots$$

Pour le voir, on suppose la source en mouvement accéléré dans le sens de la propagation et l'on considère une « tranche » de rayon. La vitesse du front de la tranche étant inférieure à la vitesse de l'arrière, cette tranche diminue d'épaisseur à mesure qu'elle se propage. Il y a donc une *condensation* de l'énergie due à une cause purement cinématique. Elle ne peut être compensée par aucun travail fourni à la source même, car la résistance que celle-ci oppose au mouvement, ne peut être qu'une résistance à l'accélération, due à l'inertie de l'énergie, et doit se retrouver constamment dans l'énergie de vitesse des particules lumineuses. En d'autres termes, ce travail ne peut avoir une relation qu'avec les vitesses des particules, mais n'en peut avoir aucune avec la *distribution* de ces particules dans l'espace. Il en résulte que ces condensations de l'énergie ne sont compensées par aucun travail.

Si, comme le fait remarquer M. Einstein, on reçoit ces condensations dans une enceinte imperméable, par une ouverture que l'on peut masquer et démasquer à volonté, un corps dans cette enceinte pourra prendre une température supérieure à celle de la source sans qu'il y ait une compensation concomitante.

M. Langevin a établi une démonstration, un peu différente, de la proposition précédente, et l'a très obligeamment communiquée à l'auteur. Cette démonstration fera l'objet d'une publication ultérieure.

Ainsi donc, en se basant uniquement sur la thermodynamique, on est conduit à rejeter toute théorie de l'émission simple, en particulier une électrodynamique comme celle de Ritz. C'est là un argument sérieux en faveur de la théorie de Lorentz-Einstein.

L'auteur indique en outre deux résultats expérimentaux qui concordent bien avec cette conséquence théorique.

Le premier concerne les expériences faites par M. Michelson touchant l'influence d'un miroir mobile sur la vitesse de la lumière. Ces expériences ont toutes donné un résultat négatif.

Le second est fourni par les phénomènes optiques observés sur les étoiles doubles spectroscopiques, phénomènes qui excluent à peu près complètement toute dépendance entre la vitesse de la lumière et celle de ces étoiles, souvent très considérable.

E. Ratnowsky. — *Sur la théorie électronique de la conductibilité électrique et calorifique.*

Nous n'avons pas reçu d'analyse de cette communication.

O. Bloch (Berne). — *Sur une question de méthode dans l'enseignement de l'Electrotechnique générale.*

L'auteur désirerait rendre MM. les professeurs de Physique générale attentifs au fait que les règles de Kirchhoff ne sont que très rarement employées dans la littérature électrotechnique actuelle, bien que les dites règles soient d'une validité absolument générale, c'est-à-dire soient valables non seulement pour le calcul des réseaux de distribution, mais aussi pour le calcul des machines. Elles sont à la base de la seule méthode vraiment rationnelle pour traiter aussi bien les machines à courant continu que les machines à courant alternatif. L'utilité de ces règles semblent tout à fait méconnue à ceux mêmes qui ont à calculer des machines à courant alternatif, attendu que l'on ne trouve nulle part l'application systématique de ces règles pour l'établissement des diagrammes vectoriels. Bien plus, on rencontre souvent l'erreur qui consiste à croire que le caractère alternatif des grandeurs électriques envisagées, empêche l'emploi de flèches de sens invariables dans les schémas de courant alternatif, autrement dit on confond les « *flèches de calcul* » exigées par les règles de Kirchhoff et qui doivent être là pour indiquer le sens que l'on prend comme sens positif, avec le sens physique des grandeurs en question : courant, f. é. m., flux, etc.

C'est cette confusion qui a conduit à un mode d'exposition tronqué ne donnant que des calculs ou des diagrammes vectoriels non en corrélation avec un système spatial, c'est-à-dire avec un « *diagramme spatial* » de la machine.

Ce diagramme spatial est une représentation schématique de la machine envisagée, qui, *en outre*, indique les différents sens d'enroulement et comporte les dites flèches de calcul. Ce n'est que par un semblable diagramme spatial que la représentation ma-

thématique (analytique et géométrique) du phénomène, qui concerne les relations entre les grandeurs et leur variation dans le temps, peut être établi sans ambiguité. C'est sur ces considérations simples que l'auteur est parvenu à établir une méthode permettant d'étudier des machines qui, jusqu'à présent, avaient semblé inaccessibles au calcul. Cette méthode sera exposée dans un travail qui paraîtra prochainement.

M. A. Jaquerod relate les essais qu'il a effectués en vue de déceler une *diffusion du néon à travers le verre ordinaire.* On savait déjà que ce gaz traverse à haute température une paroi de silice. Un mélange de néon et d'hélium, contenant environ les $^2/_3$ de néon, fut introduit dans l'espace annulaire séparant deux ampoules concentriques, dont l'intérieure, en relation avec un tube de Plücker, avait été soigneusement évacuée. Les ampoules furent chauffées vers 290° dans un four à résistance, et le contenu du tube à étincelle examiné de temps à autre au spectroscope. Pendant longtemps, il ne fut possible de reconnaître que les raies de l'hélium ; mais après une chauffe ininterrompue de trois mois, la diffusion du néon peut être nettement décelée par l'existence, dans le spectre, de plusieurs des raies rouges (entre autres 640.2, 614.3, 609.5) et de la raie jaune D_3 (585.2). De plus, et bien que le tube à étincelles n'eût fonctionné que durant quelques minutes, un dépôt spéculaire se forma dans le voisinage des électrodes, par pulvérisation cathodique, ce qui est une preuve de plus de la présence du néon. On connaît en effet l'intensité de la pulvérisation dans le gaz en question.

M. Jaquerod présente ensuite, par projection, divers appareils de manipulation servant à l'enseignement de la mécanique à l'Institut de physique de l'Université de Neuchâtel.

P. Chappuis (Bâle). — *Sur la dilatation du mercure.*

Messieurs Hugh Callendar et Herbert Moss ont publié en 1911 dans les *Philosophical Transactions* [1] un travail important sur la dilatation du mercure.

Ils appliquent à cette détermination la méthode absolue de Dulong et Petit, sensiblement améliorée par Regnault dont les expériences sont bien connues de tous les physiciens.

MM. Callendar et Moss tirent parti des ressources modernes de la technique et augmentent la sensibilité de la méthode par une très ingénieuse disposition de leur appareil. Tandis que Regnault

[1] *Phil. Trans. of the Roy. Soc. of London.* Séries A, vol. 211, p. 1-32.

mesurait la différence de niveau des ménisques d'une colonne chaude et de la colonne froide qui lui fait équilibre, Callendar met en série plusieurs couples semblables, reliés par des tubes d'acier horizontaux, remplis de mercure. On observe alors entre le premier et le dernier la somme des différences de chaque couple.

Les colonnes de mercure de Regnault avaient 1 m. 50 environ de hauteur. MM. Callendar et Moss emploient 6 couples de 2 m. de hauteur, ce qui donne une sensibilité 8 fois plus grande, de sorte qu'une différence de température de 100° produit environ 205 millimètres de différence de niveau.

M. Callendar résout élégamment une difficulté qui avait embarrassé Regnault. Les colonnes qui se font équilibre sont reliées par des tubes qui doivent être rigoureusement horizontaux, condition difficile à réaliser aux températures élevées. M. Callendar démontre qu'il suffit de rendre horizontal le tube émergent de la colonne chaude dans la partie où la température varie rapidement. Au sortir de la cuve chaude, les tubes de 1 mm. de diamètre intérieur traversent horizontalement une plaque de bronze dans laquelle ils sont soudés, puis un espace d'air de quelques centimètres, enfin une 2me plaque munie de moyens de réglage, refroidie par une circulation d'eau.

Les tubes d'acier qui contiennent le mercure sont placés dans des bains d'huile lourde de pétrole. Chaque bain est constitué par un cadre rectangulaire dans lequel la circulation continue du liquide est entretenue par la rotation d'une hélice. La température est mesurée par la variation de résistance électrique d'un fil de platine disposé le long des colonnes de mercure. On a fait varier les températures de la colonne chaude entre — 10° et 300°.

Les résultats de cette étude présentent un écart assez grand par rapport aux valeurs trouvées par moi au Bureau international des Poids et Mesures au moyen d'un grand dilatomètre de verre dur, c'est-à-dire en mesurant directement la dilatation du mercure diminuée de la dilatation cubique du verre dur.

Les dilatations trouvées et les différences sont :

	Chappuis	Chappuis-Callendar
10°	$1816{,}7 \times 10^{-6}$	$9{,}9 \times 10^{-6}$
20	3633,6	17,3
30	5451,2	22,7
40	7270,4	26,7
100	18255,1	49,7

La dilatation du verre dur avait été mesurée entre 0° et 100° sur le tube même qui constitua ensuite le réservoir thermométri-

que. Pour expliquer par une erreur dans la mesure de la dilatation linéaire du verre dur, l'écart de 49,7 millionièmes à 100°, il faudrait admettre une erreur de plus de 16 microns à 100°, ce qui n'est guère admissible.

M. Callendar pense que le verre tiré en tubes peut présenter dans la direction de l'axe une différence de dilatation sensible par rapport à celle dans la direction perpendiculaire à l'axe. Cette explication ne me paraît pas suffisamment prouvée.

D'ailleurs le même réservoir a été utilisé par moi pour déterminer la dilatation de l'eau, et les valeurs obtenues ainsi pour l'eau concordent remarquablement avec celles que M. Thiesen [1] a trouvées par l'application de la méthode absolue.

Mes résultats reçoivent en outre une confirmation par les mesures faites sur la dilatation du mercure à la Reichsanstalt par MM. Thiesen, Scheel et Heuse comme le fait voir une note présentée en 1912 à la *Deutsche Physikalische Gesellschaft* [2].

Il m'a paru intéressant de rechercher la cause des divergences signalées entre les résultats de MM. Callendar et Moss et les miens. J'ai fait construire à cet effet un appareil assez semblable à celui de MM. Callendar et Moss, mais de dimensions réduites (1 m. de hauteur), au moyen duquel je voudrais d'abord étudier la dilatation du mercure entre 0° et 100°.

R. Trümpler. — *Nouvel instrument pour la détermination photographique des positions d'étoiles fondamentales.*

Pour la détermination des coordonnées sphériques des étoiles fondamentales, on n'a employé jusqu'à présent qu'une seule méthode : celle des observations méridiennes. Il semble cependant désirable d'avoir, pour ces déterminations, des méthodes différentes qui peuvent se contrôler mutuellement. L'auteur expose des recherches sur l'emploi d'observations de passages de hauteurs pour la mesure des coordonnées d'étoiles fondamentales.

La méthode consiste à observer les deux passages d'une étoile par un petit cercle ayant le zénith pour centre. Pour tous les points de ce cercle, la distance zénithale z est la même. Des époques observées U_1 et U_2 des deux passages d'une étoile par ce cercle, on obtient les coordonnées α et δ de celle-ci, au moyen des formules :

[1] Thiesen, Scheel et Diesselhorst, *Wissenschaftliche Abh. der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt,* Bd III, s. 3.

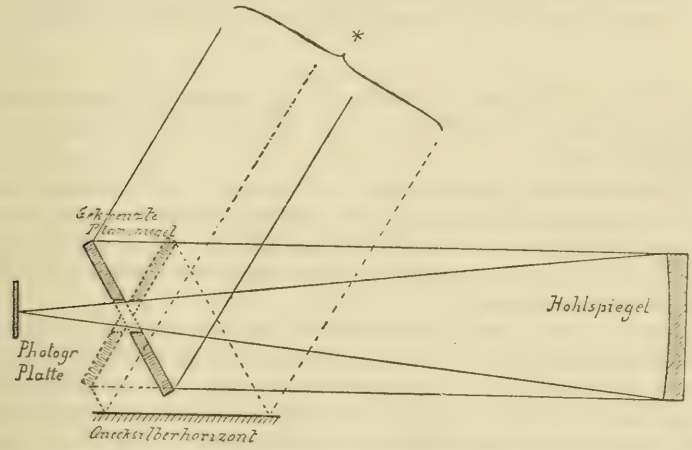
[2] Karl Scheel et Wilh. Heuse. Ueber die Wärmeausdehnung des Quecksilbers. *Berichte d. deutschen Physik. Ges.*, 1912, p. 139, Heft 3.

$$\alpha = \frac{U_1 + U_2}{2} + u$$

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \quad , \quad t = \frac{U_2 - U_1}{2},$$

où u désigne la correction horaire de l'horloge et φ, la longitude du lieu de l'observateur. Les 3 grandeurs u, z et φ sont les mêmes pour toutes les étoiles d'une même série d'observations. Elles jouent le rôle de constantes instrumentales. Si elles sont connues, on peut déterminer à l'aide des seules observations des époques de passage, les deux coordonnées d'une étoile.

Pour la mise en pratique de la méthode, on a construit un instrument spécial qui porte le nom de « *altotransit* ». En principe, le dispositif de l'appareil est tel que des rayons venant d'une étoile, sont reçus dans une lunette, les uns directement, les autres, après réflexion sur un horizon mercuriel et sur deux miroirs plans croisés. La lunette consiste en un télescope à miroir. La marche des rayons est représentée par la figure ci-dessous.



Les deux faisceaux de rayons donnent dans le télescope deux images de l'étoile. Pour une distance zénithale déterminée, ces images coïncident; z ne dépend que de l'angle entre les deux miroirs croisés. Au passage d'une étoile par le cercle de distance z, les deux images se meuvent en sens contraire et les observations du passage consiste à déterminer l'instant où les deux images coïncident.

Pour écarter les erreurs personnelles, on a remplacé les observations visuelles par la photographie. Les étoiles marquent des traces sur la plaque. Sur le chemin des rayons dans la lunette, il

y a une lame de verre planparallèle qui, par des contacts électriques actionnés par une horloge à balancier, reçoit un mouvement oscillatoire autour d'un axe vertical. Ce mouvement provoque des déplacements latéraux momentanés des images de l'étoile ; les traces sont, de ce fait, des lignes brisées et les sommets des lignes correspondent aux battements des secondes de l'horloge. Par des mesures effectuées sur la plaque à l'aide d'un microscope, on obtient l'instant de passage cherché. Sur une même plaque, on peut prendre rapidement une série de traces les unes à côté des autres, en déplaçant un peu la plaque entre deux prises. Les premières recherches ont donné comme erreur moyenne d'une détermination : $\pm$ 0″,25.

Les avantages de l'altotransit sur les instruments méridiens consistent en ce que cet instrument n'exige pas une mise en position stable et que les observations se font symétriquement par rapport à la verticale. Il n'y a par suite aucune erreur due à la déformation provenant de la pesanteur, comme la flexion dans les instruments méridiens.

L'altotransit peut être aussi employé avantageusement pour la détermination de lieux géographiques, en particulier, de latitudes.

H. Konen (Münster). — a) *Sur le rayonnement de résonnance des vapeurs de S, Se, Te, P et As*. (En collaboration avec M. Diestelmeier).

Les recherches faites jusqu'ici sur le spectre de résonnance, ont conduit à admettre que toutes les vapeurs d'éléments qui ont une ligne d'absorption ou une absorption dans un spectre de bande résoluble en lignes, émettent, dans certaines conditions, un rayonnement de résonnance.

Pour vérifier cette hypothèse, les auteurs ont entrepris des recherches qui leur ont permis de mettre en évidence une fluorescence (rayonnement de résonnance) pour une série de corps (S, *Se*, *Te*, P et *As*) ayant un spectre de bande [1]. Indépendamment, M. Steubing a trouvé la fluorescence des vapeurs de S, *Se* et *Te*, et l'a signalée [2].

Des recherches préliminaires ont montré que cette fluorescence dépend, dans une grande mesure, de la pureté, de la densité et de la température de la vapeur étudiée. Des traces d'impureté ou de gaz étrangers l'affaiblissent. Il fallait donc prendre des précautions spéciales et les auteurs opéraient avec des tubes en quarz.

On a constaté que l'intensité de la lumière fluorescente attei-

[1] H. Konen, *Leuchten der Gase und Dämpfe*, Braunschweig, 1913.
[2] W. Steubing, *Physik. Zs.*, 1913, **14**, 877-893.

gnait un maximum pour une température et une densité déterminées.

Les auteurs ont été conduits au résultat important suivant : *Le rayonnement de résonnance trouvé et étudié par eux sur le S, le Se et probablement sur le Te, est lié à la diatomicité de la molécule.*

Dans les meilleures conditions, la résonnance de S, S*e* et T*e*, est faible quant à la lumière. Les recherches spectroscopiques sont difficiles. On employait un réseau. On se servait de plaques que l'on exposait plusieurs heures.

Comme sources lumineuses excitatrices, on a employé l'arc entre charbons, fer, laiton, cuivre, argent, lampe à amalgame de mercure, charbons avec sels différents, en particulier sels d'urane, des mélanges d'urane, de molybdène, etc., ainsi que les étincelles à haute tension, étincelles entre électrodes d'aluminium dans l'eau et enfin la lumière solaire. Ces différentes sources agissent très différemment.

Une étude détaillée de ces phénomènes montre, en définitive, que la fluorescence de S, S*e* et T*e* possède, à un haut degré, les propriétés du rayonnement de résonnance de la vapeur d'iode.

b) *Sur les halos de lignes de séries des métaux alcalins.* (En collaboration avec M. W. Theissen).

MM. Gouy, Lenard, Leder et quelques autres expérimentateurs, ont observé, dans la flamme d'un Bunsen, une émission d'une nature particulière concernant les lignes des séries principales et secondaires de métaux alcalins, et à laquelle Lenard a donné le nom de *halos (Höfe)*. D'après ces expérimentateurs, ces halos sont indépendants des phénomènes d'élargissement proprement dits ; ils proviennent d'une émission spéciale des deux côtés des lignes les plus intenses et forment, dans le bleu, le fond continu des spectres du Bunsen, connu et souvent décrit depuis Kirchhoff et Bunsen.

L'auteur avait déjà fait remarquer dans le livre 6 de spectroscopie de Kayser qu'il avait pu souvent observer directement ces halos, mais n'avait jamais pu les photographier avec un réseau concave. Il en est résulté des doutes sur la réalité du phénomène, qui cependant ne pouvait pas être supprimé par les précautions proposées par Lenard et Leder.

L'auteur a entrepris avec M. Theissen de former les spectres de flamme d'un grand nombre de sels alcalins ainsi que des métaux eux-mêmes à l'aide de dispositifs donnant une grande puissance lumineuse et d'étudier les halos et les fonds continus de ces spectres directement et photographiquement. Au moyen de plaques établies par l'auteur, il a été possible d'obtenir les spectres de

flammes jusqu'à 1 μ dans l'infra-rouge. Les auteurs ont ainsi trouvé quelques lignes de l'infra-rouge non encore observées dans les spectres de flammes. On introduisait les sels, comme dans la méthode de M. Leder, à l'aide d'une petite coupelle en platine.

Dans ces conditions, les halos étaient très nets à l'observation visuelle, aussi bien avec un réseau plan qu'avec des prismes. Bientôt il fut possible de les photographier pour un grand nombre de lignes, tandis qu'on n'obtint aucun résultat avec un réseau concave. Mais, comme en photographiant directement, sans système dispersif, l'image de la fente, celle-ci présentait sur la plaque une auréole très semblable aux halos, les auteurs se sont demandé si les halos n'étaient pas simplement produits par des réflections et la diffusion de la lumière sur les lentilles, prismes, etc., de l'appareil spectroscopique.

Un grand nombre d'expériences de contrôle montrèrent que c'était bien effectivement le cas pour les dispositifs employés par les auteurs. Voici un exemple. Une forte flamme contenant du bromure de sodium donnait une belle ligne D entourée d'un large halo. On interposa entre la flamme et la fente, un tube à vide contenant du Na. Lorsqu'on chauffait le tube, la ligne claire du Na disparaissait pour une certaine densité de vapeur, sauf un bord très étroit. (L'inversion obtenue était très large). Dans la même mesure, l'intensité du halo diminuait, quoique la vapeur ne fut pas absorbante en dehors de la ligne D. Il faut en conclure que la lumière du halo est de même longueur d'onde que celle de la raie D, c'est-à-dire provenait de la lumière diffuse.

On ne peut affirmer que cette explication soit valable dans tous les cas. Mais ni Gouy, ni Lenard, ni Leder n'ont décrit les dispositifs permettant d'éviter l'effet décrit ci-dessus. Donc jusqu'à preuve du contraire, *on peut douter de l'existence d'une émission différente de l'élargissement connu, dans le voisinage des lignes des spectres de flammes des métaux alcalins.*

L'étude attentive du fond continu d'un grand nombre de spectres de flammes de métaux alcalins, a conduit en outre à un résultat prévu, il y a plusieurs années déjà, par MM. A. Hagenbach et H. Konen sur des clichés de spectres de flammes à oxygène : les spectres de flammes continus du Bunsen, se composent, en réalité, de bandes diffuses, dont la position et la composition sont indépendantes du radical acide du sel utilisé et sont caractéristiques du métal employé. A cause du caractère diffus des bandes, une comparaison avec les spectres d'absorption des métaux alcalins n'a donné aucun résultat.

Il ne s'en suit pas moins, ici aussi, que le fond continu n'a rien à voir avec les halos, mais représente, en réalité, un spectre de bandes du métal considéré.

J. de Kowalski (Fribourg). — a) *Sur une lampe à filament de tungstène utilisée comme source continue dans l'ultraviolet.*

La lampe en question présentée par l'auteur est construite par la Société Siemens-Halske à Berlin. Elle se compose d'une ampoule de même forme que celle des lampes ordinaires, mais portant sur un côté un tube d'environ deux centimètres de diamètre sur lequel fut scellée une plaque de quartz bien transparent. Le filament de tungstène se trouve placé en regard de la fenêtre de quartz; il a la forme d'une petite lamelle d'environ 1,5 mm. de largeur, recourbée en U. Cette lampe est construite pour brûler normalement sous le régime de 1,14 Watt par bougie, l'intensité étant de 9 à 10 ampères. Il était intéressant de mesurer jusqu'où le spectre d'émission de cette lampe pouvait s'étendre, lorsqu'on la chargeait à un régime plus fort. Il fallut pour cela faire brûler la lampe sous l'eau et une photographie spectrale présentée par l'auteur fait voir que de cette manière la lampe à filament de tungstène peut parfaitement être utilisée comme source continue dans l'ultraviolet. Pour un courant de 13,5 ampères, le spectre de la lampe s'étend jusqu'à environ 230 μμ.

Le régime de la lampe brûlant sous l'eau est le suivant :

9	ampères	. . . . .	4,7 volts
10,5	»	. . . . .	6,2 »
12	»	. . . . .	7,8 »
13,5	»	. . . . .	9,3 »

Le maximum de noircissement pour les plaques employées (Lumière, étiquette bleue) se trouvait vers $\lambda = 465$ μμ.

b) *Sur les différents spectres du mercure, du cadmium et du zinc.*

L'auteur décrit un dispositif permettant, au moyen de courants à haute fréquence, de produire dans une sphère en quartz évacuée et contenant des métaux purs (mercure, cadmium, zinc) un champ électromagnétique tel, qu'en faisant varier la pression de la vapeur métallique au sein du récipient, on obtienne des spectres très différents des métaux cités.

M. Braun, à propos d'une question de M. Hagenbach, fait remarquer qu'à l'Institut de Physique de Strasbourg, plusieurs expérimentateurs ont fait des recherches pour voir si l'intensité d'une ligne spectrale déterminée dépendait de la fréquence du champ excitateur. Toutes ces recherches n'ont pu conduire à un

résultat positif, bien que la période électrique fût variée dans de larges limites.

F. von Hauer. — *Sur quelques phénomènes de luminescence.*

Pour étudier au point de vue énergétique les spectres de luminescence, il est avant tout nécessaire de posséder un spectrophotomètre à grande luminosité. L'auteur avait à sa disposition un semblable appareil, construit sur les indications de M. de Kowalski par la maison Schmidt et Haensch. Il faut dans ces appareils faire spécialement attention à ce que la lumière qui a traversé la fente, arrive effectivement à la pupille, ce qui n'exige pas une grande ouverture. Au-dessus du spectre de luminescence, on produit un spectre de comparaison, et un diaphragme permet de diaphragmé une portion quelconque du spectre. Le spectre de comparaison est fourni par une petite lampe à incandescence, dont la lumière est affaiblie par deux nicols.

L'auteur a étudié avec ce dispositif quelques platinocyanures. La fluorescence était produite par une lampe à vapeur de mercure et à l'aide d'un monochromateur en quarz construit également par M. de Kowalski. L'auteur a trouvé ainsi que pour le platinocyanure de rubidium, qui possède une bande large dans le spectre visible, la position du maximum de cette bande dépendait de la longueur d'onde de la lumière excitatrice. Tandis que le maximum est en 970 $\mu\mu$ lorsqu'on excite avec la ligne 4047 du Hg, ce maximum recule dans l'ultraviolet lorsqu'on prend les lignes de courtes longueurs d'onde du Hg, de sorte que la position exacte n'a pu être déterminée.

L'auteur étudia ensuite la luminescence du phénantrène à la température de l'air liquide et trouva que sa phosphorescence momentanée produite par différentes longueurs d'onde, présente une bande large à croissance et décroissance très rapides et des bandes, dont quelques-unes étroites, à croissance et décroissance lentes.

L'auteur espère de cette façon arriver à déterminer comment varie avec le temps la phosphorescence progressive, même pendant la croissance, où la phosphorescence momentanée trouble les observations.

Des recherches visuelles préliminaires montrent que, probablement, les bandes visibles de la phosphorescence progressive du phénantrène, décroissent de la même façon ; ensuite, que le temps nécessaire à l'obtention de l'excitation maxima du phosphore, est indépendant de l'intensité de la lumière excitatrice. Ce résultat est toutefois en contradiction avec ceux que Lenard a obtenus

avec les combinaisons phosphorées des métaux alcalino-terreux. Ces mesures, qui viennent d'être commencées, se font à l'aide d'une cellule photoélectrique et un électromètre à corde d'Edelmann. On peut employer trois méthodes différentes. On peut, avec Lenard, mesurer la charge de la cellule, qui est produite par l'énergie rayonnée à partir d'un moment donné jusqu'à l'extinction, donc mesurer une somme d'éclairements, ou bien, on peut mesurer le courant produit par la lumière, en reliant à la terre, au moyen d'une forte résistance, le fil anodique opposé à la surface métallique de la cellule, soit en mesurant le courant, directement à l'aide d'un galvanomètre de grande sensibilité, ou en mesurant la chute de tension à l'aide d'un électromètre connecté aux extrémités de la résistance. Cette méthode employée déjà par MM. Elster et Geitel, a l'avantage que le courant mesuré donne directement, à chaque instant, l'énergie rayonnée.

Matthies (Bâle). — *Sur les relations entre la luminescence et l'ionisation.*

L'auteur donne un résumé d'une série de recherches entreprises pour vérifier les bases expérimentales de quelques hypothèses connues, sur la façon dont la luminescence est produite dans les gaz et les vapeurs. Dans deux hypothèses, on suppose que l'existence de centres électrisés libres, donc la conductibilité, joue un rôle essentiel pour la luminescence. Suivant l' « hypothèse de séparation » (« Abspaltungshypothese »), l'excitation est produite par la perturbation causée dans l'équilibre intraatomique, par un électron qui quitte l'atome ; suivant l' « hypothèse de recombinaison », (« Rekombinationshypothese ») au contraire, par un électron qui s'unit à l'atome. Récemment, on a fait une autre hypothèse, suivant laquelle, dans les cas de luminescence sans conductibilité, il y a au moins un relâchement des électrons séparables. Ceci a été précisé par le fait que la tension d'ionisation d'un gaz lumineux est plus faible que celle d'un gaz non lumineux.

1. Comme résultats certains des recherches faites sur différents phénomènes de luminescence, on doit considérer les faits suivants comme acquis : pour les flammes de Li, Na, K, Tl d'un bec Bunsen, on ne peut déceler aucune influence, sur l'émission totale, d'un champ électrique écartant les centres électrisés. La sensibilité du dispositif photométrique de Elster et Geitel, consistant en une cellule de K, a pu, par quelques précautions, être rendue suffisamment grande pour que des changements du rayonnement total de l'ordre de $^1/_{1000}$, eussent été mis en évidence d'une façon certaine. Le courant écartant les éléments électrisés était, dans chaque cas, déjà à peu près saturé.

2. Des recherches effectuées jusque dans leurs plus petits détails sur la vapeur de mercure lumineuse, ont montré que l'hypothèse admise d'abord comme vraisemblable et suivant laquelle la recombinaison jouait le rôle principal dans le phénomène, ne pouvait être conservée sans modifications essentielles lorsqu'on tenait compte de toutes les complications observées. L'hypothèse de la séparation ne peut en aucune manière être prise ici en considération, la luminescence coexistant avec la conductibilité.

3. Avec les instruments électrométriques les plus sensibles, on ne peut constater aucune conductibilité dépendant de la fluorescence pour les vapeurs d'iode, d'anthracène, de phénanthrène, de naphtazarine, de diphénylméthane et de mercure. A l'exception du mercure, la fluorescence était produite soit par la lumière solaire soit par un arc au fer ou au charbon parcouru par un courant allant jusqu'à 25 ampères. Dans les deux derniers cas, le tube se trouvait à environ 39 cm. de l'arc, dont le rayonnement était concentré dans l'espace situé entre les électrodes par un condenseur de 10 cm. Une ionisation éventuelle dépendant de la fluorescence de la vapeur d'iode doit être certainement inférieure à 10^{-17} coulomb par cm. et sec. Comme, dans les vapeurs organiques, il faut un travail pour engendrer une densité de vapeur suffisante à haute température (entre 140° et 260° C), la limite, pour une conductibilité, ne peut pas être donnée de l'ordre de grandeur de celle atteinte par l'iode, car la conductibilité du tube rempli de vapeur sans exposition au rayonnement, ne peut être rendue inférieure à 10^{-14} ou 10^{-15}. On peut donc affirmer ici avec sûreté seulement que l'intensité d'ionisation doit être inférieure à 10^{-14} coulomb par cm^3 et sec., si même il y a une conductibilité.

4. On a pu prouver sûrement que l'ionisation de la vapeur de Hg admise par d'autres, et accompagnant la fluorescence produite par la lumière ultra-violette n'existe pas à un degré appréciable. Par l'emploi d'un quarz optique et de vapeur non saturée (tension de saturation de 15 à 20 mm Hg) et par exposition à un arc au fer ou à une lampe à vapeur de mercure, pour laquelle l'intensité de la lumière fluorescente est suffisamment grande pour permettre une démonstration à un auditoire moyen, l'ionisation en volume, dépendant éventuellement de la fluorescence, est certainement inférieure à 10^{-14} coulomb par cm^3 et sec.

La tension entre les sondes de mesure pouvait être rendue bien supérieure à la tension d'ionisation, jusqu'à 220 volts et plus, sans que l'ionisation par chocs ou une augmentation appréciable de l'intensité du courant sous l'influence de la fluorescence, puisse être observée. De là, et d'une série d'autres observations directes, il faut conclure que la limite d'une conductibilité éventuelle se trouve probablement beaucoup en-dessous de celle indiquée.

5. Pour examiner l'hypothèse du relâchement, on a déterminé la rigidité diélectrique de la vapeur d'iode dans l'état lumineux et l'état non lumineux par la méthode du condensateur de Bouty. Des différences supérieures aux limites d'erreur, environ 0,5 %, n'ont pu être constatées. A un résultat également négatif, ont conduit des mesures faites avec un pont à courant alternatif très sensible, qui permettait de constater avec sûreté des changements de capacité de $1 : 10^5$.

6. Dans la vapeur de mercure, on a mesuré la tension d'ionisation de l'électron à l'aide d'un dispositif semblable à celui employé dans la méthode de Lenard. Cette tension fut trouvée pour trois tubes différents de 11, 8-12 volts, indépendamment des dimensions spéciales de l'appareil.

Une série de mesures de la tension d'ionisation de la vapeur de Hg fluorescente, n'ont donné aucune différence en dehors des limites d'erreur, environ 0,1 volt.

Comme résultat positif des recherches faites, on peut dire que la conductibilité d'un gaz n'intervient pas comme grandeur dans la luminescence. Pour l'hypothèse du relâchement, on n'a pu trouver aucune confirmation expérimentale avec la vapeur d'iode ou la vapeur de mercure.

M. Braun désirerait faire quelques remarques aux résultats négatifs de M. Matthies et concernant des recherches en cours sur les questions analogues. Etant donné que la fluorescence doit être considérée comme un phénomène *sui generis* (n'ayant aucun analogue électrique ou mécanique), l'auteur a, à maintes reprises, cherché des relations entre la fluorescence et les phénomènes électriques concomitants. Mais, les résultats furent toujours négatifs. En particulier, il n'a pas été possible, malgré une méthode très sensible, de trouver un changement de conductibilité électrique par fluorescence, par exemple : dans une solution aqueuse non acide, faible toutefois, de sulfate de glycerine ainsi que dans une solution faiblement acide ; ou bien dans des substances fluorescentes en solution organique. De même, des gaz ayant traversé des liquides fluorescents les plus différents, n'ont manifesté aucune trace d'ionisation, que le liquide ait été exposé à l'action des rayons solaires ou à celle d'une lampe à vapeur de Hg en quarz. Des recherches effectuées pour savoir si lors d'une réaction chimique entre des corps gazeux à la température ordinaire, il y avait une augmentation de la conductibilité, n'ont également conduit à aucun résultat.

En ce qui concerne ces dernières recherches, voir *Zeitschr. für physik. Chemie*, 1894, **13**, 155.

Bernouilli (Bâle). — *a) Dispositif pour engendrer des rayons restants et pour mesurer l'émission d'après la méthode de Hagen et Rubens.*

Cette communication, qui concerne la description détaillée du dispositif, ne peut faire l'objet d'un court résumé.

b) *Une démonstration élémentaire de la formule de Planck.*

Nous supposons que toute molécule qui possède des électrons de fréquence propre ν, peut exister sous deux états physiques différents. Dans l'état « *actif* », les électrons de la molécule peuvent émettre un rayonnement électromagnétique : lumière et chaleur. Dans l'état « *inactif* », il n'y a pas d'émission. Cet état sera une sorte de modification allotropique du premier. La nature du passage d'un état à l'autre est supposée être tout à fait analogue au changement de positions des atomes et des valences, qui accompagne le passage d'une combinaison à une combinaison *isomère*.

Le passage de l'état inactif à l'état actif est supposé accompagné, pour chacun des électrons individuellement, d'une certaine quantité d'énergie proportionnelle à la fréquence propre de l'électron, le facteur de proportionnalité étant une constante universelle h. (Hypothèse I).

Soient, pour la température absolue T, k espèces différentes de résonnateurs de fréquences $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_k$ (électrons ayant une fréquence déterminée ν_i). A la température d'équilibre T, il y aura en moyenne à l'état actif, n_1 résonnateurs de fréquence ν_1, n_2, de fréquence ν_2, etc. Si, enfin, on désigne par $H'_1, H'_2, \ldots, H'_k$ les énergies totales par unité de volume des différentes espèces à l'état actif, lorsque l'équilibre thermique est atteint, et par $H_1, H_2, \ldots, H_k$, les énergie totales à l'état inactif, on aura, en vertu du premier principe et de l'hypothèse I, pour la relation entre la fréquence et la chaleur de la transformation *isomère* de l'état inactif à l'état actif :

$$(1) \qquad \left\{ \begin{array}{l} H'_1 = H_1 + hn_1\nu_1 \\ H'_2 = H_2 + hn_2\nu_2 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ H'_k = H_k + hn_k\nu_k \end{array} \right.$$

Cette énergie, nécessitée par la transformation, est supposée employée uniquement à compenser le travail des forces moléculaires. On suppose que celles-ci ne dépendent pas de la température, mais uniquement de la configuration, c'est-à-dire, se comportent, au point de vue thermodynamique, comme des forces électriques, magnétiques et gravitiques. (Hypothèse II). Nous avons ainsi les travaux :

$$(2)\quad \begin{cases} \mathfrak{E}_1 = H'_1 - H_1 = hn_1\nu_1 \\ \mathfrak{E}_2 = H'_2 - H_2 = hn_2\nu_2 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \mathfrak{E}_k = H'_k - H_k = hn_k\nu_k \end{cases}$$

Cette énergie libre gagnée par le système, ou la somme équivalente

$$\mathfrak{E} = h \sum_1^k n_i\nu_i,$$

est celle qui devrait être fournie au système pour le faire passer isothermiquement et d'une façon réversible, d'un état complètement inactif à un état d'équilibre correspondant à la température T, c'est-à-dire pour amener à l'état *actif* respectivement les $n_1, n_2, \dots, n_k$ résonnateurs des k espèces différentes. Or, cette énergie peut encore se calculer d'une autre façon, à savoir à l'aide de la *loi d'action des masses*, c'est-à-dire, indirectement, à l'aide du second principe.

Soient $C'_1, C'_2, \dots, C'_k$ les concentrations des différentes espèces en équilibre à l'état *actif* et $C_1, C_2, \dots, C_k$, les concentrations à l'état *inactif*, on a, en désignant par R la constante des gaz parfaits et par x le nombre de molécule-grammes en jeu :

$$(3)\qquad \mathfrak{E} = -\,x\mathrm{RT} \log \frac{C'_1C'_2 \dots C'_k}{C_1C_2 \dots C_k} = -\,x\mathrm{RT} \sum_1^k \log \frac{C'_i}{C_i}$$

La quantité $\mathfrak{E}$ prise avec le signe contraire, représenterait donc le travail maximum que l'on peut gagner en faisant passer l'unité de volume de notre système de l'état d'équilibre où il y a n_1 résonnateurs de fréquence ν_1, n_2, de fréquence ν_2, etc. qui rayonnent, isothermiquement et d'une façon réversible à l'état inactif, de sorte qu'il n'y ait plus de rayonnement émis puisqu'il n'y aurait plus de résonnateur capable d'en émettre.

En combinant les équations (2) et (3), on trouve :

$$(4)\qquad h \sum_1^k n_i\nu_i = x\mathrm{RT} \sum_1^k \log \frac{C'_i}{C_i}$$

Comme le nombre des facteurs au numérateur et au dénominateur de (4), est le même, il n'y a pas un déplacement de l'équilibre lorsqu'on effectue un changement virtuel de volume, car en substituant les masses aux concentrations, les volumes s'éliminent. Les concentrations de chaque espèce sont donc proportionnelles aux

masses, donc aussi proportionnelles aux énergies intenses $H'_1, \ldots, H'_k, H_1, \ldots, H_k$ de celles-ci. On a ainsi :

$$\frac{C'_1}{C_1} = \frac{H'_1}{H_1}, \quad \frac{C'_2}{C_2} = \frac{H'_2}{H_2}, \quad \ldots \quad \frac{C'_k}{C_k} = \frac{H'_k}{H_k} \tag{5}$$

ce qui donne pour (4), en tenant compte de (1) :

$$\left\{ \begin{aligned} h \sum n_i \nu_i &= x\mathrm{RT} \sum \log \frac{H'_i}{H_i} = x\mathrm{RT} \sum \log \left(1 + \frac{H'_i - H_i}{H_i}\right) \\ &= x\mathrm{RT} \sum \log \left(1 + \frac{h n_i \nu_i}{H_i}\right) \end{aligned} \right. \tag{6}$$

Si maintenant nous introduisons la constante $k = \frac{R}{N}$, où N est la constante d'Avogadro, et si nous remarquons que l'égalité (6) n'est valable pour une fréquence ν_i quelconque correspondant à la température du système, que si chaque summande du premier membre est égal au summande correspondant du second, nous obtiendrons en tenant compte de

$$x\mathrm{R} = \mathrm{N} \sum n_i,$$

l'expression :

$$h\nu_i = k\mathrm{T} \log \left(1 + \frac{h n_i \nu_i}{H_i}\right)$$

que l'on peut encore écrire, en supprimant l'indice :

$$\frac{H}{n} = \bar{u} = \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{k\mathrm{T}}} - 1} \tag{7}$$

C'est la formule de Planck pour l'énergie d'un résonateur dans l'état d'équilibre statistique, car

$$\frac{H}{n} = \bar{u}$$

n'est pas autre chose que l'énergie moyenne d'un résonnateur de fréquence ν.

On a ainsi établi la formule du rayonnement de Planck, d'une façon élémentaire mais rigoureuse, en partant de prémisses simples ; on a, du même coup, toutes les formules spéciales qui en dérivent, et cela, sans jamais avoir à supposer une structure discontinue du rayonnement et sans introduire une énergie au zéro absolu.

H. Zickendraht (Bâle). — *Recherches sur les détecteurs à contact.*

L'auteur a, suivant le procédé de Tissot, établi un grand nombre de caractéristiques de détecteurs à contact différents. En ce qui concerne l'action redressante de la surface de contact de deux conducteurs convenablement choisis, on trouve que la nature des conducteurs comme celle du contact, jouent un rôle important. On a tenté de donner une image des phénomènes dans le détecteur en se basant sur la théorie de la conductibilité électrique de certains cristaux, établie par Königsberger. Entre deux conducteurs au contact sans contrainte, on imagine une paroi « semi-perméable », qui laisse facilement passer les électrons dans une direction mais pas dans l'autre. Cette paroi « semi-perméable » est produite par les deux couches d'électrons (de densités différentes), qui doivent se trouver, suivant la théorie électronique des conducteurs solides, sur les deux corps à conduction métallique. Une partie de la conductibilité du détecteur peut être ramenée à la loi d'Ohm. Il s'y superpose l'action redressante, conséquence de la paroi semi-perméable et ainsi, on peut exprimer la caractéristique par la formule :

$$i = AV + BV^2 + CV^3$$

donnée par Brandes. (i courant, V tension, A, B, C constantes).

Fortrat (Zurich). — *Actions du champ magnétique sur les bandes spectrales.*

Les bandes spectrales ont paru longtemps insensibles au champ magnétique; Dufour le premier a montré que certaines d'entre elles présentent un effet Zeeman du même genre que celui donné par la raie D_1 du sodium. J'ai pu montrer depuis en étudiant d'autres bandes bien résolues qu'il n'y a pas de relation simple entre la grandeur de ces doublets et la grandeur du triplet normal.

L'année dernière, à la séance de printemps de notre société, j'ai décrit une transformation tout à fait différente : les raies du deuxième groupe de l'air étaient toutes déplacées, j'avais reconnu la proportionnalité des déplacements au carré du champ, mais je n'avais pas réussi à trouver d'autre loi générale et en particulier pas de parenté entre les différentes raies d'une même série, c'est que le phénomène principal est la simplification des triplets qui constituent ces bandes :

Dans un camp croissant les composantes latérales du triplet se rapprochent de la composante centrale en devenant diffuses ; à partir du moment où elles l'ont rejointe, elles ne se déplacent plus, l'ensemble devient seulement de plus en plus fin.

Les triplets des bandes se classent en plusieurs séries qui appartiennent à deux groupes différents : tous subissent la même transformation, mais on ne peut observer la simplification que sur les plus serrés.

Les triplets de la bande verte du carbone se comportent de façon identique.

Les doublets d'un grand nombre de bandes sont également simplifiés de façon analogue : les deux composantes se rapprochent l'une de l'autre en devenant d'abord de plus en plus diffuses, quand elles sont venues en contact, elles ne se séparent plus et la raie résultante devient de plus en plus fine. J'ai constaté cette simplification sur les doublets de la bande verte du carbone, la bande violette des carbures d'hydrogène, les bandes du groupe négatif de l'air, et la bande violette du cyanogène.

Description quantitative. Comme je l'ai déjà indiqué ce n'est pas le déplacement de chaque raie qui est caractéristique du phénomène, mais le resserrement du doublet ou du triplet. On comprend aisément que le resserrement se fait plus lentement quand le groupement de raies est déjà notablement rétréci, puisqu'il cesse quand la largeur est nulle : il existe néanmoins une grandeur qui peut caractériser la sensibilité du doublet ou du triplet.

Soit n sa largeur, δn son resserrement dans le champ H, $\frac{n.\delta n}{H^2}$ reste constant tant que le groupe a une largeur supérieure au $^1/_3$ de la largeur initiale. On peut donc prendre cette grandeur comme définition de la sensibilité du groupement, et son étude conduit à des résultats intéressants.

Il faut d'abord distinguer entre les séries régulières et les séries irrégulières de doublets ou de triplets. J'ai eu plusieurs fois l'occasion de dire ici que les bandes spectrales ne sont pas très régulières et que la loi de Deslandres se rapportant aux raies successives d'une même série n'est qu'approchée, elle est compatible avec une variation assez irrégulière de l'écart des doublets ou des triplets successifs.

1° Considérons d'abord seulement les parties des bandes où cette variation est la plus régulière, on constate que tous les triplets de l'azote quel que soit leur écart, quelle que soit la bande à laquelle ils appartiennent, ont la même sensibilité au champ. Bien plus, cette sensibilité est aussi la même pour tous les triplets de la bande verte du carbone.

Pour les doublets je n'ai pu faire de mesure que sur une série régulière, celle de la bande violette du cyanogène.

2° Dans une série qui n'est pas tout à fait régulière, les groupements anormalement larges ou étroits ont une sensibilité anormalement grande ou petite, de sorte que le champ commence par

diminuer les discontinuités et produit ainsi une régularisation.

Autres phénomènes. Ces phénomènes magnétooptiques ne sont pas les seuls que les bandes manifestent, j'ai observé des dédoublements dissymétriques; les doublets auxquels ils donnent naissance peuvent venir aussi de doublets naturels dont les deux composantes se différencient en s'écartant; dans un champ croissant la composante violette s'estompe et dans un cas (raie 3147 de l'Az) j'ai pu la suivre jusqu'à sa disparition, à ce moment l'intensité totale se retrouve dans la raie fine qui reste seule. Enfin j'ai observé des cas où les raies deviennent diffuses ou bien se déplacent.

Des recherches analogues poursuivies à Meudon ont donné des phénomènes encore plus divers, mais j'espère qu'il sera possible d'y reconnaître plusieurs phénomènes simples dont ils sont peut-être la combinaison.

Conclusion. Nous voyons donc que les bandes réputées longtemps insensibles au champ magnétique donnent au contraire une variété considérable de phénomènes. Je n'ai pu dégager de loi un peu générale que pour l'un d'eux. Il semble pourtant que tous ont en commun la propriété de rendre les bandes plus simples et plus régulières : des raies qui se classent mal se déplacent, ou disparaissent, des raies multiples deviennent simples soit par la réunion des composantes soit par la disparition progressive de l'une d'elles.

Au point de vue pratique, ces phénomènes sont appelés à rendre de grands services pour le classement des raies de chaque bande et même pour le classement des bandes.

Au contraire il sera difficile de savoir quelle peut être leur importance théorique tant qu'on n'aura pas acquis par de plus longues recherches une vue d'ensemble plus complète.

M. Ziegler (Zurich). — *Sur les propriétés magnétiques de la Pyrrhotine.*

En partant de la théorie de M. P. Weiss sur les propriétés magnétiques de la pyrrothine, l'auteur a étudié ce cristal, de la température ordinaire à la température de disparition du ferromagnétisme.

Soient N_1, N_2, N_3 les coefficients d'aimantation suivant les 3 axes orthoganaux principaux du cristal, I_1, I_2, I_3 les composantes de l'intensité d'aimantation, et H_1, H_2, H_3 les composantes du champ suivant ces axes. On a alors d'après M. Weiss :

$$\frac{H_1 + N_1 I_1}{I_1} = \frac{H_2 + N_2 I_2}{I_2} = \frac{H_3 + N_3 I_3}{I_3} = n$$

On ne peut mesurer que les différences entre les coefficients. De ceux-ci, l'auteur a étudié l'influence de la température sur $n - N_1$, N_1, $- N_2$ et $n - N_3$. Voici le résultat :

Les différences $n - N_1$ *et* $N_1 - N_2$ *sont indépendantes de la température, tandis que la différence* $n - N_3$ *augmente avec la température vers le point de Curie.*

Il semble donc que, dans une direction perpendiculaire au plan magnétique, la susceptibilité décroisse avec la température.

De Freudenreich. — *Sur l'aimantation initiale en fonction de la température.*

Cette communication ne nous est pas parvenue.

G. Foex. — *Le Paramagnétisme des cristaux.*

Dans sa théorie cinétique du paramagnétisme des cristaux, M. Weiss a montré que la moyenne des trois coefficients d'aimantation principaux k_1, k_2, k_3 d'un cristal suit la loi de Curie.

En développant la théorie de M. Weiss on trouve que, aux températures élevées, chacun des coefficients d'aimantation principaux varie, en fonction de la température, suivant la loi :

$$k_1(T - a_1) = C$$

où C est la constante de Curie qu'aurait le corps s'il était à l'état gazeux, a_1 est une constante en relation avec la structure du cristal et telle que, entre les a relatifs aux trois directions principales, existe la relation :

$$a_1 + a_2 + a_3 = 0$$

A basse température, dans le cas où a est positif, k varie plus vite que ne le voudrait la loi de Curie, moins vite dans le cas contraire.

Si, aux actions cristallines, s'ajoutent des champs moléculaires définis, pour une certaine direction 1 par la relation $H_m = N_1 I$, dans laquelle N_1 est une constante et I l'aimantation, la moyenne des coefficients d'aimantation, aux températures élevées, obéit à la loi :

$$k_m(T - \Theta) = C$$

dans laquelle $\theta = C \dfrac{N_1 + N_2 + N_3}{3} D$, D étant la densité de la substance.

La théorie permet de se faire une idée de la loi de variation de k_m en fonction de la température aux basses températures. On trouve ainsi des formes de courbes qui rendent très bien compte des écarts à la loi de Curie observés à basse température.

Pour le système cubique, la théorie montre que la loi

$$k_m(T - \Theta) = C$$

doit se vérifier jusqu'aux plus basses températures. Les expériences de MM. Kamerlingh Onnes et Oosterhuis sur le platine confirment entièrement cette conséquence de la théorie.

M. le prof. Pierre Weiss montre que l'on peut déduire de l'étude des alliages des métaux ferromagnétiques entre eux, la loi suivant laquelle l'action qui produit le champ moléculaire varie avec la distance. On trouve dans un certain nombre de cas bien étudiés une loi de variation du coefficient du champ moléculaire avec la teneur qui conduit à une action en raison inverse de la 6me puissance des distances des molécules entre elles.

L'action magnétisante de contact, découverte par Maurain en 1901 a une grande parenté d'aspect avec le champ moléculaire. En les supposant identiques de nature on trouve pour la loi de variation l'inverse de la puissance 5,5 de la distance. Ceci est d'accord, au degré de précision des mesures et des calculs, avec la loi déduite des alliages.

Un mémoire détaillé sur ces questions touchant à la nature du champ moléculaire vient de paraître dans les deux derniers numéros des *Archives*. (Voir ci-dessus p. 105 et p. 201).

M. Weiss présente aussi, au nom de MM. Cabrera Guzman et Moles, une *étude magnétochimique des solutions de sulfate, de chlorure et d'azotate de nickel*. Ce travail paraîtra prochainement dans les *Archives*.

Albert Perrier. — *Remarques à propos de la nature du champ moléculaire.*

A la suite de la dernière communication, M. Perrier fait remarquer que l'interprétation des propriétés des mélanges d'oxygène et d'azote liquides étudiés à Leyde avec M. Kamerlingh Onnes a conduit tout récemment à admettre pour l'oxygène un champ moléculaire démagnétisant variant à peu près comme la densité (inverse du cube des distances des molécules), mais qu'il n'y a pas opposition entre ce résultat et celui de M. Weiss puisqu'il s'agit de substances et de champs différents. — Toutefois cela pourrait

conduire à penser que le champ positif et le champ négatif soient d'origines ou de natures différentes. On peut trouver d'autres raisons parlant dans ce sens, ainsi le fait que l'*augmentation* du moment magnétique des molécules (nombre des magnétons) sans discontinuité de la susceptibilité doit nécessairement être accompagnée d'une *diminution* du champ moléculaire (au sens algébrique : champ positif diminué, champ négatif augmenté en valeur absolue) ; l'hypothèse d'un champ négatif lié à l'existence des magnétons donc très général et superposé à un champ positif dans des cas plus rares serait une des images possibles et commodes pour rendre compte de ces faits [1].

[1] M. G. Foëx veut bien me communiquer qu'il est arrivé à des inductions analogues par des considérations *différentes*.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

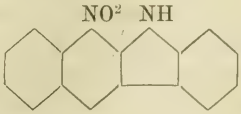
A. Righi. La nature des rayons X. (Extrait di *Scientia*. Vol. XV, 8me année (1914), N. XXXIII-1). Traduction française du texte italien.

C'est le discours d'inauguration pour le premier Congrès italien de Radiologie qui a eu lieu à Milan le 12 octobre 1913, lu par le Professeur Righi, Président honoraire du Congrès. « Heureusement, a dit l'illustre savant, je ne me suis pas trouvé embarrassé dans le choix du sujet à traiter; car, dans ce même champ de recherches, dans lequel a été faite la découverte des rayons merveilleux, que vous employez savamment pour le bien de l'humanité, on a obtenu dans ces derniers mois, je pourrais dire même dans ces dernières semaines, des résultats nouveaux et très importants, qui permettent de soulever en partie le voile de mystère qui nous a caché jusqu'à présent les phénomènes découverts par Röntgen ». Righi, qui a été le premier en Italie à étudier les effets électriques produits par les rayons X, après un rapide résumé historique de leur découverte, introduit la discussion sur leur nature à l'aide d'exemples, aptes à rendre facilement intelligible, même pour les non-physiciens, le phénomène des ondulations et surtout celui de la diffraction de la lumière. Cela, lui permet de décrire ensuite les récentes expériences faites à Munich par les physiciens Laue, Friedrich et Knipping, qui à l'aide d'écrans en plomb on fait pénétrer un seul faisceau très mince de rayons X dans un cristal de sel gemme, et le recevant sur une plaque photographique, on put constater la production sur celle-ci, non pas seulement une tache noire due à l'action directe du faisceau de rayons X, mais un certain nombre d'autres taches d'intensités différentes, distribuées d'une manière régulière correspondant aux symétries de structure du cristal. Après avoir décrit d'autres expériences, mis en corrélation et discutés tous les résultats, le professeur Righi conclut ainsi : « L'hypothèse, suivant laquelle les rayons X ont la même nature que les rayons lumineux, et sont ainsi une manifestation d'ondes électromagnétiques se propageant dans l'éther, est la conséquence la plus logique qu'on puisse tirer des faits nouveaux. Son utilité est incontestable, car elle pourra servir de guide pour des recherches nouvelles et même conduire ainsi à des résultats importants ». Th. T.

CHIMIE

F. Kehrmann, A. Oulevay et F. Regis. Dérivés du benzo-2-3-carbazol et du benzo-3-4-carbazol. *(Ber. d. Deutsch. chem. Ges.*, t. 46, p. 3712-3723 ; laboratoire de chimie organique de l'Université de Lausanne).

Les auteurs ont étudié les dérivés nitrés du benzo-2-3-carbazol dont ils décrivent une combinaison *mononitrée* F à 248° à laquelle ils attribuent la formule de constitution :



puis des combinaisons *dinitrée* et *pentanitrée.*

Le benzo-2-3-carbazol fournit avec les chlorures de p- et de m-nitrodiazobenzène en présense d'acide acétique des combinaisons dont la premiere f. vers 300° et dont la seconde en aiguilles fines et rougeâtres f. vers 224°. Ullmann avait obtenu par distillation sèche du phénylazimidonaphtalène du benzo-3-4-carbazol ; les auteurs en répétant cette expérience sont arrivés à la conclusion qu'il se forme en même temps une petite quantité du dérivé 2-3 et que d'autre part dans la décomposition pyrogénée de la phényl-β-naphtylamine il ne se forme que le dérivé 2-3 à l'exclusion du 3-4. Les auteurs ont préparé encore un certain nombre de dérivés nouveaux de ce même benzo-2-3-carbazol ainsi que de son isomère en 3-4. Ils n'ont obtenu avec ce dernier qu'un dérivé *mononitré* qui paraît toujours se former comme produit principal dans la nitration.

F. Kehrmann et A. Bohn. Sur le carbonate d'oxonium ; communication préliminaire. (*Ber. d. Deutsch. chem. Ges.*, 1914, t. 47, p. 82-84. Laboratoire de chimie organique de l'Université de Lausanne).

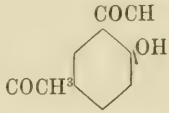
L'éther triméthylique de la fluoresceine, préparée au moyen de la crésorcine et de l'anhydride phtalique, fournit un *chlorure* facilement soluble et de saveur amère. Si on traite à 0° la solution aqueuse et saturée de ce sel, par un courant d'anhydride carbonique et que l'on mélange le produit obtenu avec un volume égal d'une solution préparée en agitant le sel avec une dissolution aqueuse de bicarbonate de potasse saturée à 0° d'acide carbonique,

il se dépose des cristaux jaune d'or, dépourvus de chlore et de bicarbonate et qui additionnés d'acide chlorhydrique dégagent en abondance de l'acide carbonique. Ce composé est un *carbonate d'oxonium ;* sa solution aqueuse chauffée à l'ébullition laisse déposer un précipité blanc, cristallin, constitué pour la plus grande partie de la *lactone* correspondante, qui s'est formée par élimination du groupe $COOCH^3$. Le *chlorure de l'éther méthylique de la diméthylfluorescéine* se comporte d'une manière analogue, mais le *carbonate* formé est moins stable, il se décompose facilement déjà à la température ordinaire en *lactone* ou *carbinol* correspondant.

H. von Krannichfeldt. Note sur l'acide acéto-salicylique. *(Ber. d. Deutsch. chem. Ges.*, 1914, t. 47, p. 156-159. Institut chimique de l'Université de Berne).

La constitution de l'acide *acéto-salicylique*, préparé autrefois par Bialorewski et Nencki, n'avait pas encore été déterminée.

L'auteur a trouvé que cet acide correspond à la formule :



En effet, distillé avec de la chaux, il fournit la *p-oxy-acétophénone* et en même temps, par élimination partielle de l'acétyle, du *phénol*. L'auteur en décrit en outre quelques dérivés nouveaux tels que : l'*acide acétosalicyl-acétique*, écailles jaunes F. à 179° et son *éther éthylique*, F à 70-71° ; l'*éther méthylique de l'acide acétosalicylique*, aiguilles blanches, F. à 152° ; l'*éther éthylique de l'acide méthyl-acéto-salicylique*, aiguilles prismatiques, jaune pâle, F. à 41-42° et l'*éther méthylique* correspondant, aiguilles fines et blanches, F. à 96°.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1913

Septembre

218. Abelin (S.) und Stiner (O.). Die Einwirkung des ultravioletten Lichtes auf das Komplement des Meerschweinchenserums. Bern. Univ.-Inst. zur Erforschung der Infektions-Krankheiten. — *Zeitschr. Immunitätsforschung* **19.** 1.

219. Ackermann (Edwin). Kritische Studie über die von Paul Forschner veröffentlichte Arbeit : Refraktion und Polarisation des Chlorcalciumserums der Milch. Genf. — *Schweiz. Wochenschr.* **51.** 553.

220. Asher (Leon) und Sollberger (Hans). Beiträge zur Physiologie der Drüsen. Fortgesetzte Beiträge zur Lehre von der Funktion der Milz als Organ des Eiweissstoffwechsels. Ueber die Kompensationsvorgänge nach Milzexstirpation. Bern. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **55.** 13.

221. Borowski (Waclaw). Recherches sur les systèmes binaires volatils : formation du chlorure de méthyle. *Thèse.* Genève (Dr Baume).

222. Briner (E.) et Kuhne (A.). Sur le mécanisme de la formation de l'acide sulfurique dans les chambres de plomb. Genève. — *Comptes rendus* **157.** 448.

223. Dhéré (Ch.) et Rynckі (L.). Sur l'absorption des rayons visibles et ultraviolets par les pigments carotinoïdes. Fribourg. — *Comptes rendus* **157.** 501.

224. Dutoit (Paul) et Duboux (Marcel). Dosage des acides tartrique, malique et succinique du vin. Lausanne. — *Bull. de la Soc. chimique* **13.** 832.

225. El-Dib (Mohamed). Sur l'emploi du nitrate de chaux synthétique dans l'industrie chimique. *Thèse*. Genève (Prof. Guye).

226. Fiedler (Franz). Die Einwirkung von Semicarbazid auf Hydroxamsäuren. *Dissert*. Basel (Prof. Rupe).

227. Fuller (Harry Victor). Beiträge zur Gasanalyse. *Dissert*. Zürich (Prof. Treadwell).

228. Germann (Albert F.O.). Revision de la densité de l'oxygène. Contribution à la détermination de la densité de l'air à Genève. *Thèse*. Genève (Prof. Guye).

229. Gigon (Alfred) und Massini (Max). Muskulatur und Glycolyse. Basel. Allgemeine Poliklinik. — *Biochem. Zeitschr.* **55.** 189.

230. Grieshaber (Fritz). Elektrolysen in ammoniakalischer Lösung. *Dissert*. Basel (Prof. Fichter).

231. Hatt (Jean Daniel). Synthese stark verzweigter aliphatischer Verbindungen. *Dissert*. Zürich (Prof. Willstätter).

232. Hauswirth (A.). Ein neues apparatloses Formaldehyd-Verdampfungsverfahren. Bern. Institut für Hygiene. — *Deutsche med. Wochenschr.* **39.** 1878.

233. Kaufmann (Adolf) und Dändliker (P.). Ueber eine Synthese der Chinaldin- und Isochinaldin-säurenitrile. Genf. Univ. Lab. für organ. Ch. — *Berichte* **46.** 2924.

234. Kaufmann (Adolf), Dändliker (Paul) und Burckhardt (Hans). Ueber Chinolyl-Ketone. Genf. Univ. Lab. für organ. Ch. — *Berichte* **46.** 2929.

235. Kaufmann (Adolf) und Huber (Max). Ueber die Umwandlung der Chinatoxine in Chinaketone und deren Reduktion zu den Alkaloiden der Chinarinde. Genf. Univ. Lab. für organ. Ch. — *Berichte* **46.** 2913.

236. Kehrmann (F.) und Cordone (Marcelien). Ueber das 16. und 17. Isomere des Rosindulins. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 2974.

237. Kehrmann (F.) und Havas (E.). Kurze Bemerkung zu unserer Mitteilung über Phenazin. Lausanne. — *Berichte* **46.** 2820.

238. Kehrmann (F.), Havas (E.) und Grandmougin (E.). Zur Kenntnis der Farbsalze der Azin-Farbstoffe. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. und Mülhausen. Organ. Lab. der Chemie-Schule. — *Berichte* **46.** 2802.

239. Kehrmann (F.) und Nossenko (Olga). Ueber Nitro-Derivate des Thiodiphenylamins. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 2809.

240. Kerkovius (Wilhelm). Ueber das Tetramethyl-cyclo-heptatrien. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

241. Kuntner (Josef). Zur Kenntnis der Salz- und Lackbildung bei Oxyanthrachinonen. *Dissert.* Zürich (Prof. Pfeiffer).

242. Leepin (Robert). Zur Kenntnis der p-Dialkyldioxychinone und der Pipitzahoïnsäure. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).

243. Lenzinger (Eduard). Ueber den Einfluss der Konstitution auf das Drehungsvermögen optisch-aktiver Substanzen. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

244. Mayor, (A.) et Wiki (B.). Un principe actif de l'ergot de seigle, la para-oxyphényléthylamine. Genève. — *Revue méd. de la Suisse romande* **33.** 661.

245. Messerli (Hermann). Ueber die Resorptionsgeschwindigkeit der Eiweisse und ihrer Abbauprodukte im Dünndarm. Bern. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **54.** 446.

246. Micewicz (Stanislaus). Ueber die Oxydation des Diphenyl- und Di-p-ditolylamins. *Dissert.* Lausanne (Prof. Kehrmann).

247. Pictet (Amé) und Malinowski (Stanislas). Ueber die Einwirkung von Acetal auf Tetrahydro-papaverin. Genf. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 2688.

248. Reichinstein (D.). Zusammenhang zwischen elektrolytischen und rein chemischen Vorgängen. Zürich. — *Zeitschr. Elektroch.* **19.** 672.

249. Schwimmer (Ernst). Sur quelques dérivés du méthoxy-1-acétyl-amino-4-benzène. *Thèse.* Genève (Dr Ferrario).

250. Spengel (Adolf). Ueber Aluminiumnitrid und Berylliumnitrid. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).

251. Viollier (Raoul). Contribution à l'étude de la réaction de l'oxyde et du protoxyde d'azote avec les hydrates alcalins. *Thèse.* Bellinzona (Prof. Guye).

252. Wunder (M.) und Thüringer (V.). Bestimmung des Palladiums mit α-Nitroso-β-Naphtol und Trennung desselben von Kupfer und Eisen. Genf. — *Zeitschr. anal. Ch.* **52.** 737.

253. Wunder (M.) und Thüringer (V.). Zur Analyse der Platinerze. Genf. Lab. für anal. Ch. der Univ. — *Zeitschr. anal. Ch.* **52.** 740.

254. Wunder (M.) et Thuringer (V.). Réponse à l'article de M. le Dr C. Holtz : Sur quelques anomalies observées dans l'analyse des minerais de platine de l'Oural. Genève. Lab. de ch. anal. de l'Univ. — *Ann. ch. phys.* **30.** 164.

Octobre

255. Allemann (O.). Beiträge zur Kenntnis der wissenschaftlichen Grundlagen der Käsefabrikation mit besonderer Berücksichtigung der Verwendung von sog. Kunstlab bei der Herstellung von Emmentalerkäse. Liebefeld-Bern. Schweiz. milchwirtschaftl. Anstalt. — *Molkerei-Zeitung* **23.** 446. 457. 505. 517. 541. 553.

256. Baragiola (W. I.) und Boller (W.). Sogenannte alkoholfreie Weine des Handels. Wädenswil. Schweiz. Versuchsanstalt. — *Zeitschr. Unters. Nahrungsmittel* **26.** 369.

257. Barladean (A. G.). Aqua destillata in pharmazeutischer und medizinischer Praxis. Bern. Botan. Inst. der Univ. — *Schweiz. Wochenschr.* **51.** 645. 661.

258. Bart (Heinrich). Ueber den Einfluss der Stellung doppelter Bindungen auf die Stärke organischer Säuren und Basen. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).

259. Battelli (F.) und Stern (L.). Untersuchungen über die Atmung zerriebener Insekten. Genf. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **56.** 35.

260. Battelli (F.) und Stern (L.). Intensität des respiratorischen Gaswechsels der Insekten. Genf. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **56.** 50.

261. Battelli (F.) und Stern (L.). Die Tyrosinoxydase, die Polyphenoloxydase und die Oxydone bei den Insekten. Genf. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **56.** 59.

262. Baudisch (Oskar). Ueber das chemische Verhalten anorganischer, stickstoffhaltiger Pflanzen-nahrungsstoffe gegenüber dem Sonnenlicht. — *Vierteljahrsschr. der naturf. Ges. in Zürich* **58.** 10.

263. Baudisch (Oskar). Ueber Nitrat- und Nitritassimilation. Zürich. — *Zeitschr. angew. Ch.* **26.** 612.

264. Bernoulli (E.). Untersuchungen über die Wirkung der Bromsalze. Basel. Pharmakol. Inst. der Univ. — *Arch. exper. Pathol.* **73.** 355.

265. Bistrzycki (A.) et Ryncki (Léon). Contribution à l'étude de la décarbonylation dans les composés organiques. — *Mémoires de la Soc. fribourgeoise des Sc. nat.* **3.** 139.

266. Bornand (M.). Etude comparative de quelques réactions pour la recherche des nitrites dans les eaux potables. Lausanne. Lab. cantonal. — *Travaux ch. alim.* **4.** 285.

267. Braune (H.). Ueber die hemmende Wirkung kleiner Wassermengen bei der Diazoessigesterzersetzung in alkoholischen Lösungen. Zürich. Techn. Hochschule. — *Zeitschr. physikal. Ch.* **85.** 170.

268. Cloetta (M.) und Waser (E.). Ueber die Beziehungen zwischen Konstitution und Wirkung beim alicyclischen Tetrahydro-β-naphthylamin und seinen Derivaten. Zürich. Pharmakol. Inst. der Univ. — *Arch. exp. Path.* **73.** 398.

269. Constam (E. J.) und Schläpfer (P.). Ueber Treiböle. Zürich. Prüfungsanst. für Brennstoffe an der techn. Hochschule. — *Zeitschr. deutsch. Ingenieure* **1913.** 1489.

270. Dhéré (Ch.) et Burdel (A.). Sur l'absorption des rayons visibles par les oxyhémocyanines. Fribourg. — *Comptes rendus* **157.** 552.

271. Dorogi (Ludwig Karl). Ueber Wasserreinigung mit Baryumaluminat. *Dissert.* Zürich (Prof. Bosshard).

272. Ephraim (Fritz). Ueber die Natur der Nebenvalenzen. Der Einfluss des Anions auf die Beständigkeit komplexer Kationen. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 3103.

273. Fichter (Fr.). Die elektrolytische Oxydation des Toluols. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Zeitschr. Elektroch.* **19.** 781.

274. Fischer (Philipp). Ueber die Halochromieerscheinungen ungesättigter Ketone. *Dissert.* Zürich (Prof. Pfeiffer).

275. Guerini (B.). Volumétrie physico-chimique de précision avec les conductivités comme indicateur. *Thèse.* Lausanne (Prof. Dutoit).

276. Herzfeld (E.). Ueber Indolbildung bei der alkalischen Hydrolyse der Eiweisskörper. Zürich. Chem. Lab. der med. Univ.-Klinik — *Biochem. Zeitschr.* **56.** 82.

277. Herzfeld (E.). Ueber eine quantitative Tryptophanbestimmungsmethode. Zürich. Chem. Lab. der med. Univ.-Klinik. — *Biochem. Zeitschr.* **56.** 258.

278. Kehrmann (F.). Zur Beurteilung der Mitteilungen H. v. Liebigs über Resorcin-benzein und Fluorescein. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 3028.

279. Kehrmann (F.). Konstitution und Farbe. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 3036.

280. Kehrmann (F.) und Berg (Richard). Ueber die Aether und Ester des Oxy-hydrochinonphthaleins. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 3020.

281. Kehrmann (F.) und Cordone (Marcelien). Ueber Anilinochinone und Azin-Derivate derselben. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 3009.

282. Kehrmann (F.) und Ringer (Ferd.). Ueber die Konstitution des Dinitro-thiodiphenylamins von Möhlau, Beyschlag und Köhres. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 3014.

283. Koestler (G.). Milchbeurteilung nach dem spezifischen Gewicht des Chlorkalziumserums. Rütti-Zollikofen. Bernische Molkereischule. — *Schweiz. Milch - Zeitung* **39.** Nr 284.

284. Kohlschütter (V.), Frank (E.) und Ehlers (C.). Die Formen des Arsens. Ueber das graue und braune Arsen. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Annalen* **400.** 268.

285. Lifschitz (J.). Ueber die polychromen Salze von Oximidoketonen. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 3233.

286. Mayer (Ernst). Zur Kenntnis der Acetylacetonate der seltenen Erden. *Dissert.* Zürich (Dr Jantsch.)

287. Peter (A.). Zur Frage der Labbereitung. Rütti-Zollikofen. Bernische Molkereischule. — *Molkerei-Zeitung* **23.** 493.

288. Reiewska (Hélène). Dosage de quelques sulfures métalliques par volumétrie physico-chimique. *Thèse.* Lausanne (Prof. Dutoit).

289. Ryncki (Léon). Contribution à l'étude de la décarbonylation dans les composés organiques. *Thèse.* Fribourg (Prof. Bistrzycki).

290. Schuppli (Otto). Beiträge zum Abbau des Phytols. *Dissert.* Zürich (Prof. Willstätter).

291. Sobel (L.). Esterbestimmung in Spirituosen. Basel. Oeffentl. Lab. — *Schweiz. Wochenschr.* **51.** 613.

292. Strzyzowski (Casimir). Zur Bestimmung von Urineiweiss auf zentrifugalem Wege. Lausanne. Univ.-Lab. für physiol. Ch. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **88.** 25.

293. Thöni (J.). Ueber Raumdesinfektionsversuche mit dem Apparat Fortschritt. Bern. Bakteriol. Abt. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **4.** 315.

294. Tschirch (A.). Die Enzyme in ihrer Bedeutung für die Pharmakognosie. Bern. — *Apotheker-Zeitung* **28.** 866 und *Pharm. Post* **46.** 805.

295. Tunmann (O.). Kleinere Beiträge zur Pflanzenmikrochemie. Bern. — *Pharm. Zentralhalle* **54.** 1065.

296. Tunmann (O.). Mitteilungen aus der Pflanzenmikrochemie. Bern. — *Apotheker-Zeitung* **28.** 771 und *Pharm. Post* **46.** 837.

297. Verda (A.). La présence de l'acide borique dans les cendres du safran. Lugano. — *J. suisse de chimie* **51.** 631.

298. Werner (A.) und Basyrin (M.). Ueber die optisch-aktiven Dimethyl-bernsteinsäuren. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **46.** 3229.

299. Wolfsleben (Georg). Ueber den Einfluss der Constitution auf das Drehungsvermögen optisch-aktiver Substanzen. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

Novembre

300. Arragon (Ch.) und Bornand (M.). Die Kontrolle Eierteigwaren mit Hilfe eines Eiereiweissfällenden Serums. Lausanne. Kantonal. Lab. — *Chem.-Zeitung* **37.** 1345.

301. Barladean (A. G.). Biologische Prüfung des destillierten Wassers auf Reinheit. Bern. Botan. Inst. der Univ. — *Schweiz. Wochenschr.* **51.** 679. 693. 709 und *Pharm. Zentralhalle* **54.** 1035.

302. Baume (G.). Remarques sur le mécanisme de la réaction chimique. Genève. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **36.** 439.

303. Baume (Georges). Sur quelques applications physico-chimiques de l'équation de répartition de Maxwell-Berthoud. Genève. — *Comptes rendus* **157.** 774.

304. Berthoud (A.). Formule de Maxwell généralisée. Neuchâtel. Lab. de phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **11.** 577.

305. Briner (E.) et Boubnoff (N.). Réactions chimiques dans les systèmes gazeux fortement comprimés; étude spéciale de la décomposition de l'oxyde d'azote. Les réactions dans un système homogène gazeux et les faux équilibres. Genève. Lab. de ch. techn. et théor. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **11.** 597.

306. Cardoso (E.) et Germann (A. F. O.). Tensions de vapeur de l'acide chlorhydrique. Genève. Lab. de ch. théor. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **11.** 632.

307. Chodat (R.) und Schweizer (K.). Ueber die desamidierende Wirkung der Tyrosinase. Genf. — *Biochem. Zeitschr.* **57.** 430.

308. Cordone (Marcelien). Contribution à l'étude des isorosindulines. *Thèse.* Lausanne (Prof. Kehrmann).

309. Dultra (Miguel F.). Détermination de l'hydrolyse par volumétrie physico-chimique. *Thèse.* Lausanne (Prof. Dutoit).

310. Dutoit (Pierre). Sur les hyposulfites cupro-alcalins. Lausanne. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **11.** 650.

311. Eglin (Walther). Zur Kenntnis der isomeren mono- und dibromierten Rhodamine. *Dissert.* Zürich (Prof. Ceresole).

312. Estreicher (Tad.). Ueber den Schmelzpunkt des Sauerstoffs. Freiburg, II. chem. Inst. der Univ. — *Zeitschr. physikal. Ch.* **85.** 432.

313. Germann (F. O.). Revision de la densité de l'oxygène; densité de l'air de Genève. — *Comptes rendus* **157.** 926.

314. Grob (Walter). Ueber Methoden zur Analyse von Hydrosulfit. *Dissert.* Zürich (Prof. Bosshard).

315. Grünkraut (Adolf). Ueber die Glykolate der seltenen Erden. *Dissert.* Zürich (Dr Jantsch).

316. Guggenheim (M.). Dioxyphenylalanin, eine neue Aminosäure aus Vicia faba. Basel. Physiol.-chem. Lab. der Firma F. Hoffmann-La Roche und Cie. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **88.** 276.

317. Haar (Anne Wilhelm van der). Untersuchungen in der Familie der Araliaceae, speziell über die Glukoside und Oxydasen. *Dissert.* Bern.

318. Halpern (David). Ueber Ringschlüsse unter Austritt von Nitrogruppen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

319. Heinen (Ludovic). Electroréduction du phosphate disodique par le courant alternatif. *Thèse*. Genève (Prof. Duparc).

320. Hirschfeld (L.) und Klinger (R.). Immunitätsprobleme und Gerinnungsvorgänge. Zürich. Hyg. Inst. der Univ. — *Zeitschr. Immunitätsforschung* **20.** 51. 81.

321. Joye (Paul). Spectres de réflexion de quelques composés du praséodyme. Fribourg. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **36.** 431.

322. Kaufmann (Willy). Quantitative Indol- und Indikanbestimmungen im menschlichen Harne. *Dissert.* Zürich (Dr Herzfeld).

323. Kuhne (Alfred). Etude d'un four électrique de laboratoire à résistance de charbon. La décomposition du carbure de calcium et sa formation à partir des éléments. *Thèse*. Genève (Prof. Guye et Dr Briner).

324. Marchand (E.). Tension superficielle et complexité moléculaire du chlore. Neuchâtel. Lab. de phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **11.** 573.

325. Niemand (Fritz). Ueber optisch-aktive Kobalt-Ammoniake. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

326. Niggli (Paul). Einige vorläufige hydrothermale Synthesen. Zürich. Phys.-chem. und mineralog. Inst. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **84.** 31.

327. Ott (Erwin). Ueber die Ketonspaltung bei β-Lactonen und ihre Anwendung zur Synthese der Ketene. Zürich. Chem. Inst. der techn. Hochschule. — *Annalen* **401.** 159.

328. Pfeiffer (P.) und Kramer (E.). Zur Kenntnis der Nitrotolane. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **46.** 3655.

329. Pictet (Amé) et Bouvier (Maurice). Sur la distillation de la houille sous pression réduite. Genève. — *Comptes rendus* **157.** 779.

330. Pictet (Amé) und Bouvier (Maurice). Ueber die Destillation der Steinkohle unter vermindertem Druck. Genf. Organ.-chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 3342.

331. Plischke (Richard). Ueber stereoisomere pyridinhaltige Kobaltiake. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

332. Reverdin (Frédéric) et Meldola (Raphaël). Constitution des trinitro-p-aminophénols et des trinitro-p-anisidines. Genève. Lab. de ch. organ. de l'Univ. et Londres. Technical College Finsbury. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **36.** 443 et *Bull. de la Soc. chimique* **13.** 981.

333. Rilliet (Aug.) et Kreitmann (L.). Sur le 6-aminopipéronal. Genève. — *Comptes rendus* **157.** 782.

334. Schapira (Aron J.). Contribution à la connaissance des propriétés du tungstène et de quelques terres rares ainsi qu'à leurs séparations et dosage. *Thèse.* Genève (Prof. Duparc).

335. Skossarewski (M.) et Germann (F.). Dispositif pour réaliser la circulation automatique d'un gaz dans un circuit fermé. Genève. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **11.** 584.

336. Sobel (L.). Vereinfachte und rasche Methode der Phosphorsäurebestimmung in Teigwaren und ähnlichen Produkten. Basel. Oeffentl. Lab. —*Schweiz. Wochenschr.* **51.** 677.

337. Staudinger (H.), Anthes (E.) und Schneider (H.). Ketene. Ueber gemischte Diphenyl-essigsäure-anhydride und ihre Zersetzung. Zürich. Inst. der techn. Hochschule. — *Berichte* **46.** 3539.

338. Tunmann (O.). Beiträge zur angewandten Pflanzenmikrochemie. Der Nachweis der Lichesterinsäure. Bern. — *Apotheker-Zeitung* **28.** 892.

339. Ulbrich (Ernst). Zur Kenntnis der Oxyazoverbindungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Willstätter).

340. Werner (A.). Zur Kenntnis des asymmetrischen Kobaltatoms. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **46.** 3674.

341. Windheuser (Carl). Zur Kenntnis der Nitrierung stereoisomerer Halogenzimmtsäuren. *Dissert.* Zürich (Prof. Pfeiffer).

MESURES DU COURANT ELECTRIQUE

PASSANT DE L'ATMOSPHÈRE A LA TERRE

faites à Altdorf et à Fribourg

FÉVRIER 1914

HEURE	ALTDORF λ	ALTDORF P. G.	ALTDORF Courant	FRIBOURG λ	FRIBOURG P. G.	FRIBOURG Courant	TEMPS
			13 février				
6-7 a.	61	c^a — 500	—	86	420	120	Altdorf pluie matin et soir, couvert à midi. Fribourg brouillard matin, couvert s'éclaircit aux deux stations. midi et soir. — De 8 à 10 h. soir le temps
7-8	105	—133	— 47	258	124	106	
8-9	104	— 56	— 19	75	420	105	
9-10	197	+ 43	20	24	544	51	
10-11	148	+133	66	27	500-270	—	
11-12	81	+158	43	73	289	70	
1-2 p.	115	+121	46	266	89	78	
2-3	151	+ 83	42	267	101-138	114	
3-4	137	+ 82	53	350	131-91	120	
4-5	240	+109	87	379	68	86	
5-6	215	+124	89	401	91	121	
6-7	206	—133	— 91	325	113	123	
7-8	289	+ 42	40	127	392	162	
8-9	321	+ 75	80	144	215-363	—	
9-10 p.	348	+ 93	108	35	453	53	
			25 Février				
6-7 a.	178	134	79	98	120	39	Aux deux stations couvert, sauf midi à Altdorf. A Fribourg, brouillard jusqu'à midi.
7-8	135	102	44	73	150	36	
8-9	144	90	44	74	68	17	
9-10	127	173	73	125	111	47	
10-11	156	151	78	109	150	55	
11-12	227	109	82	158	103	54	
1-2	296	102	101	159	136	72	
2-3	272	102	93	181	109	66	
3-4	276	80	74	176	144	84	
4-5	231	134	103	194	130	83	
5-6	186	97	60	189	79	50	
6-7	176	85	62	197	149	98	
7-8	207	90	62	178	131	77	
8-9	240	71	57	167	135	76	
9-10 p.	274	36	35	163	124	67	

Abréviations

λ = conductibilité par ions négatifs et positifs en unités électrostatiques $\times 10^6$

P. G. = gradient du potentiel en volts par mètre, réduit sur terrain plat

Courant vertical, en unités électrostatiques $\times 10^8$

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE FÉVRIER 1914

Le 1, givre ; brouillard pendant tout le jour.
2, givre ; brouillard pendant tout le jour ; quelques flocons de neige à 10 h. du matin.
3, un peu de neige dans la nuit ; givre ; brouillard pendant tout le jour.
du 4 au 8, givre et brouillard toute la journée.
le 9, brouillard tout le jour ; le givre disparaît pendant la journée.
10, brouillard le matin.
12, faible pluie dans la nuit et à 1 h. du soir.
14, gelée blanche le matin ; quelques faibles chutes de pluie pendant la journée.
15, gelée blanche le matin.
18, pluie depuis 6 h. 30 m. du soir ; orage au N. et au N.-E. à 7 h. 50 m. ; fort vent avec grêle et pluie.
19, neige dans la nuit ; pluie depuis 6 h. 15 m. du soir.
20, pluie dans la nuit.
21, pluie dans la nuit, à 7 h. et à 10 h. du matin.
22, pluie depuis 4 h. 30 m. du soir.
23, forte pluie dans la nuit ; pluie à 7 h. 10 m. et à 9 h. du soir.
24, gelée blanche le matin.
les 26 et 27, forte bise pendant toute la journée.

GENÈVE — FÉVRIER 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	38.1	38 4	38.5	**38.12**	**+10.67**	37.1	**39.1**	SSW. 0	NW. 1	SSW. 1	calme	1.1	10	10	10	10	0.0	....	....
2	38 2	37.2	36.8	37.57	+10.16	36.5	38.7	W. 0	SE. 1	W. 0	calme	1.5	10	10	10	10	0.0	....	....
3	35.9	35.4	35.6	35.90	+ 8.54	35.1	37.0	SW. 0	WNW.0	SW. 0	calme	0.6	10	10	10	10	0.0	....	....
4	36 1	36.0	35.9	36.04	+ 8.73	35.6	36.8	SSW. 0	WSW.1	SW. 0	calme	1.5	10	10	10	10	0.0	....	....
5	35.5	34.9	34.1	35.01	+ 7.75	33.8	36.1	SE. 0	SE. 0	SW. 0	calme	0.6	10	10	10	10	0.0	....	....
6	32.6	31.5	31.4	32.11	+ 4.90	30.7	33.7	S 0	SW 0	SSW. 0	calme	0.3	10	10	10	10	0.0	....	....
7	31.4	30.5	30.0	30.71	+ 3.55	29.8	31.5	SSE. 0	N. 0	SE. 0	calme	0.5	10	10	10	10	0.0	....	....
8	29.8	29.3	29.3	29.43	+ 2.32	28.1	30.1	WNW.1	S. 0	SSW. 0	calme	0.4	10	10	10	10	0.0	....	....
9	30.2	29.4	29.1	29.65	+ 2.60	28.7	30.5	SSW. 0	SSW. 1	SE. 0	calme	0.6	10	10	10	9	1.6	....	....
10	30.8	31.0	31.6	30.90	+ 3.90	29.8	32.0	S. 0	N. 1	SSE. 0	calme	0.2	10	9	3	8	3.2	....	....
11	31.1	29.6	28.0	29.70	+ 2.76	27.5	31.8	SE. 1	N. 1	SSW. 0	calme	0.5	9	0	8	4	7.6	....	....
12	28.0	28.4	25.9	27.31	+ 0.43	24.9	28.7	ESE. 1	SSW. 1	S. 0	calme	0.3	10	9	10	8	1.0	1.6	2
13	28.0	32 0	35 4	30.83	+ 4.01	25.3	36.2	SSW. 0	NNE. 1	SSW. 0	calme	0.6	9	4	0	4	3.9	....	....
14	36.2	36.7	36.6	36.26	+ 9.50	35.4	36.9	SW. 1	N. 0	NNE. 0	calme	0.7	0	10	10	8	0 2	0.3	....
15	35 2	33.4	31.2	33.57	+ 6.87	30.8	36.3	SSE. 0	N. 1	SSW. 0	calme	0.8	2	3	0	2	7.1	...	....
16	29.0	27.3	27.2	28.18	+ 1.54	26.7	30.6	SW. 1	WNW.0	SSW. 1	calme	0.9	9	8	3	7	0.9	...	....
17	29.4	29.4	29.4	29.06	+ 2.48	27.5	30.3	SSW. 1	SSW. 2	SW. 0	SSW. 1	5.2	8	4	5	5	6.1	....	...
18	26.4	23.6	23.1	24.57	- 1.95	20.3	29.0	S. 0	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 2	16.1	4	7	10	8	1.7	6.8	5
19	23.7	23.8	22.0	23.13	- 3.33	21.0	24.3	WSW.1	WSW.2	W. 1	SSW. 1	7.8	7	10	10	9	0.6	2.9	4
20	23.6	23.5	21.6	22.51	- 3.88	21.1	24.4	W. 1	SW. 1	ENE. 0	SW. 1	2.9	2	1	0	2	**9.5**	0.2	1
21	20.4	20.4	18 6	19.93	- 6.40	14.0	21.4	S. 0	NNE. 1	ENE. 0	var.	9.4	10	10	0	7	0.5	2.8	3
22	08.0	03.8	07.4	**07.24**	**-19.03**	**02.7**	13.9	SSE. 1	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 1	5.9	10	10	10	10	0.0	**15.3**	**8**
23	09.0	08.8	09.8	09.12	-17.08	08.1	10.2	NNW.1	SSW. 2	SW. 1	SSW. 1	6.9	10	2	10	9	2.8	2.1	2
24	09.5	09.1	09.4	09.47	-16.67	08.2	10.4	SSW. 0	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 1	11.8	1	9	10	8	1.6	....	....
25	11.2	13.7	17.6	13.47	-12.61	10.1	18.4	NE. 1	ENE. 1	NE 1	NNE. 2	23.3	10	9	10	10	0.6	....	....
26	19.1	20.3	22.4	20.20	- 5.81	18.4	22.9	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	NNE 2	**26.7**	10	10	10	10	0.0	....	....
27	22.5	24 7	26.7	24.55	- 1.40	22.3	27.4	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	13.8	10	10	10	10	0.0	....	....
28	27.4	27.9	28.8	27.89	+ 2 00	27.0	28.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	2 5	10	10	10	10	0.0	....	....
Mois	27.01	26.78	26.91	26.87	+ 0.03							5.12	8.2	8.0	7.8	8.1	48.9	32.0	25

Jour du mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	- 5.6	- 2.9	- 3.7	**- 4.50**	**- 4.95**	**- 6.8**	- 2.2	100	100	100	100	**+16**	100	100	—	-	985
2	- 4.2	- 2.5	- 3.5	- 3.49	- 4.00	- 5.2	- 2.2	100	100	100	100	**+16**	100	100	3.7	- 1.1	965
3	- 5.8	- 3.2	- 3.8	- 4.34	- 4.92	- 6.5	- 2.5	100	100	100	100	**+16**	100	100	3.7	- 1.1	960
4	- 5.2	- 3.0	- 3.5	- 3.96	- 4.61	- 5.8	- 2.0	100	100	100	100	**+16**	100	100	3.7	- 1.1	965
5	- 5.0	- 2.8	- 3.5	- 3.87	- 4.59	- 5.8	- 2.0	100	100	100	100	**+16**	99	100	3.5	- 1.3	940
6	- 4.8	- 1.3	- 2.7	- 3.36	- 4.16	- 5.7	- 1.2	100	96	100	99	+15	96	100	3.5	- 1.3	935
7	- 4.0	- 1.8	- 1.4	- 2.53	- 3.40	- 4.8	- 0.9	100	100	100	98	+14	93	100	3.8	- 1.3	935
8	- 3.3	- 0.8	- 2.0	- 2.05	- 3.00	- 4.0	- 0.4	100	98	100	99	**+16**	95	100	—	—	925
9	- 3.8	- 0.6	- 0.6	- 1.65	- 2.68	- 4.5	+ 1.2	100	98	100	99	**+16**	91	100	3.8	- 1.1	925
10	- 2.4	+ 3.6	+ 3.0	+ 0.99	- 0.12	- 2.4	6.2	100	83	81	87	+ 4	53	100	4.0	- 0.9	875
11	+ 0.1	7.4	2.7	3.11	+ 1.91	- 1.5	9.2	96	57	88	78	- 5	57	96	4.0	- 0.9	885
12	3.0	7.9	2.4	4.51	+ 3.23	0.0	9.3	84	80	93	84	+ 1	73	97	4.3	- 0.6	860
13	+ 1.3	7.5	1.5	3.68	+ 2.31	- 0.5	8.1	98	69	78	81	- 1	**41**	100	4.3	- 0.6	845
14	- 1.0	6.1	5.7	2.88	+ 1.42	- 2.0	7.2	88	69	75	79	- 3	64	89	4.0	- 0.9	830
15	+ 0.8	11.6	5.9	5.41	+ 3.86	+ 0.4	11.0	96	58	85	82	0	58	97	—	—	835
16	2.9	11.7	10.6	7.33	+ 5.69	1.5	12.0	91	68	63	78	- 4	61	93	4.8	- 0.2	810
17	9.3	14.0	9.6	**10.60**	**+ 8.86**	6.3	**14.3**	57	46	77	**58**	**-24**	44	79	5.2	+ 0.2	800
18	3.6	12.0	3.8	7.57	+ 5.74	3.0	12.5	88	53	81	72	- 9	53	90	5.3	+ 0.2	820
19	1.9	7.2	4.6	4.60	+ 2.67	0.5	7.2	89	44	81	71	-10	44	95	4.0	- 1.1	855
20	6.1	13.2	4.5	7.97	+ 5.94	3.8	14.0	80	66	80	77	- 4	62	90	5.0	- 0.1	810
21	5.4	10.3	7.1	6.77	+ 4.64	2.5	10.6	81	74	84	81	0	70	92	5.3	+ 0.2	815
22	8.2	13.1	3.2	7.14	+ 4.91	2.3	13.7	59	48	88	73	- 7	46	95	—	—	815
23	2.5	8.7	4.2	4.63	+ 2.30	1.5	8.7	43	48	85	71	- 9	43	96	5.0	- 0.2	825
24	1.0	6.0	5.0	4.18	+ 1.74	0.3	6.8	95	66	74	81	+ 1	64	97	4.8	- 0.4	775
25	3.8	5.6	5.0	4.47	+ 1.93	2.3	6.7	83	71	72	76	- 4	65	88	5.0	- 0.3	885
26	4.6	5.3	4.5	4.81	+ 2.16	3.8	5.6	70	69	70	70	-10	66	76	4.7	- 0.6	845
27	3.8	4.8	4.6	4.34	+ 1.58	3.0	4.8	70	68	74	71	- 8	65	78	4.5	- 0.8	850
28	+ 3.9	+ 6.2	+ 5.9	+ 5.10	+ 2.23	+ 3.2	+ 6.5	82	72	76	77	- 2	70	84	4.5	- 0.9	820
Mois	+ 0.61	+ 5.12	+ 2.47	+ 2.51	+ 0.91	- 0.75	+ 5.91	87	75	86	84	+ 2			4.35	- 0.61	871

MOYENNES DE GENÈVE. — FÉVRIER 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc	33.97	33.76	33.86	34.17	33.37	32.77	33 11	33.36	33.54
2e »	28.77	28.43	29.05	29 20	28 76	27 98	27.92	27.98	28.51
3e »	16 46	15.81	15.89	16.38	16.06	16.34	17.23	17.69	16.48
Mois	27.11	26.73	27.01	27 31	26.78	26.36	26.72	26.96	26.87

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	- 3.87	- 4.31	- 4.41	- 3.73	- 1.53	- 0.99	- 1.80	- 2.37	- 2.87
2e »	+ 3.52	+ 3 06	+ 2.80	+ 6.42	+ 9.86	+ 9.15	+ 6.45	+ 4.87	+ 5.77
3e »	3.70	3.34	4.15	5.08	7.50	7.32	5.69	4.66	5.18
Mois	+ 0.93	+ 0.51	+ 0.61	+ 2.41	+ 5.12	+ 5.01	+ 3.29	+ 2.23	+ 2.51

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	100	100	100	100	97	93	97	98	98
2e »	85	86	87	73	61	62	76	78	76
3e »	82	82	73	79	64	66	73	80	75
Mois	89	90	87	84	75	74	83	86	84

Dans ce mois l'air a été calme 384 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{46}{40} = 1.15$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.....	26.90
Nébulosité	8.0
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+ 2°.73
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$..	+ 2°.67
Fraction de saturation.....	83 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875).	26.84
Nébulosité..	(1847-1875).	6.7
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	36mm.5
Nombre de jours de pluie.	(id.).	8
Température moyenne ...	(id.).	+ 1°.60
Fraction de saturat.	(1849-1875).	82 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	39.2	36.7	33.3	29.4	40.1	33.6	32.8

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	34.3	32.0	27.3	28.4	31.1	36.4

Insolation à Jussy : 30.6 h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE FÉVRIER 1914

Le 8, fort vent et brouillard le soir.
9, brouillard le matin, fort vent le soir.
les 12 et 13, neige et brouillard.
18 et 19, neige.
le 21, neige et brouillard.
les 22 et 24, brouillard.
22, 23, 24, 25, 26 et 27, neige.

GRAND SAINT-BERNARD — FÉVRIER 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	71.1	71.9	72.7	71.9	+ 11.5	71.0	72.7	SW. 0	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	0	0	0	....	....
2	72.0	73.2	71.7	**72.3**	+ **11.9**	71.1	**73.3**	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
3	70 3	70.2	70 1	70.2	+ 9.8	70.0	71.1	NE. 1	SW. 0	SW. 0	calme	0	0	0	0	....	....
4	69.8	70.1	71.0	70.3	+ 10.0	69.7	71.1	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	1	0	0	....	....
5	70.0	69.7	69.5	69.7	+ 9.4	68.8	70 7	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
6	67.3	66.8	66.4	66 8	+ 6.5	66.0	68.8	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
7	65.7	65.4	65.5	65.5	+ 5.3	65.3	66.0	SW. 1	SW. 3	SW. 1	SW. 2	0	0	1	0	....	....
8	65.4	65.7	66.0	65.7	+ 5.5	65.3	66 0	NE. 1	SW. 3	SW. 3	SW 3	1	2	10	4	....	....
9	65.3	65.4	65.7	65.5	+ 5.3	65.3	66.4	NE. 3	SW. 3	SW. 4	SW. 3	10	7	8	8	....	....
10	67.0	66.8	67.8	67 2	+ 7.1	66.4	67.8	SW. 0	SW. 0	SW. 0	calme	0	2	0	1	....	....
11	66.8	66.5	66.0	66.4	+ 6.3	65.2	67.1	SW. 0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	3	1	....	....
12	64.4	63.7	62.3	63.5	+ 3.4	62.1	65.3	SW. 1	SW. 0	NE. 1	var.	10	10	10	10	14.5	9
13	61.9	64.4	67.7	64.7	+ 4.7	61.9	68.3	NE. 3	NE. 3	NE. 1	NE. 2	10	10	10	10	....	....
14	69.4	70.5	71.4	70.4	+ 10.4	68.3	71.4	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	3	10	5	6	....	....
15	71.1	71.1	70.4	70.9	+ 10.9	69.3	71.2	NE. 1	NE. 1	NE 0	NE. 1	2	1	9	4	....	....
16	68.1	69.0	67 4	68.2	+ 8.2	66.8	69.3	SW. 1	SW. 1	NE. 2	SW. 1	4	8	5	6	....	....
17	66.1	66.4	66 2	66 2	+ 6.1	65.0	66.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	9	2	0	4	....	....
18	63.6	62.4	57.5	61 2	+ 1.3	57.1	65.0	SW. 1	SW. 1	NE. 3	SW. 1	10	10	10	10	9.6	14
19	56.1	57.8	58.5	57.5	- 2.4	56.0	59 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	13.6	17
20	59.9	60.3	61 1	60.4	+ 0.6	59.2	61.1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	8	0	0	3	....	....
21	59.8	59.9	59.1	59.6	- 0.2	57.3	60.5	NE. 1	SW. 2	NE. 1	NE. 1	8	10	10	9	....	....
22	54.2	51.2	46.2	50.5	- 9.3	46.1	57.3	SW. 5	SW. 5	SW. 4	SW. 5	10	10	10	10	15.0	8
23	46.0	46.8	47.8	**46.9**	- **12.9**	**46.0**	48.1	NE 2	NE. 1	NE. 0	NE. 1	10	10	2	7	**37.1**	**39**
24	48.3	49.2	49.5	49.0	- 10.8	48.1	50.0	SW. 1	SW. 2	NE. 3	SW. 2	2	10	10	7	5.6	8
25	50.4	52.0	54.4	52.3	- 7.4	50.0	54.5	SW. 2	SW. 2	NE. 1	SW. 2	10	10	3	8	6.3	7
26	54.5	55.5	56.4	55.5	- 4.2	54.5	56.6	NE. 1	SW. 1	NE. 2	NE. 1	9	9	10	9	3.5	7
27	56.8	61.2	61.5	59.8	0.0	56.6	62 1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	2	0	4	1.1	3
28	62.5	63 5	63.9	63.3	+ 3.6	62.1	64.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
Mois	62.99	63 45	63.35	63.26	+ 3.02							4.9	4.8	4.5	4.7	106.3	112

GRAND SAINT-BERNARD — FÉVRIER 1914

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	- 6.2	- 2.0	- 3.2	- 3.8	+ 5.3	- 6.9	- 2.0	50	46	47	48	41	76
2	- 5.2	- 3.2	- 6.0	- 4.8	+ 4.3	- 6.2	- 2.8	40	38	40	39	32	45
3	- 6.0	+ 0.4	- 5.0	- 3.5	+ 5.5	- 6.5	+ 1.2	24	23	15	21	**8**	41
4	- 5.0	- 3.2	- 5.0	- 4.4	+ 4.6	- 5.2	- 3.0	13	21	24	**19**	10	28
5	- 4.7	- 1.5	- 4.2	- 3.5	+ 5.5	- 4.8	- 1.5	17	13	32	21	11	37
6	- 4.6	- 3.6	- 5.8	- 4.7	+ 4.3	- 6.0	- 3.2	36	45	63	48	36	75
7	- 9.2	- 5.4	- 8.3	- 7.6	+ 1.4	- 9.2	- 5.2	78	72	80	77	70	83
8	- 9.2	- 7.6	- 8.0	- 8.3	+ 0.7	- 9.3	- 6.8	90	90	97	92	80	**98**
9	- 9.1	- 7.6	- 7.7	- 8.1	+ 0.9	- 9.2	- 7.5	93	89	88	90	86	97
10	- 6.3	- 0.9	- 4.4	- 3.9	+ 5.0	- 8.1	+ 0.3	48	52	62	54	46	88
11	- 5.7	- 3.2	- 5.8	- 4.9	+ 4.0	- 6.3	- 2.8	66	66	82	71	61	93
12	- 7.1	- 5.5	- 6.4	- 6.3	+ 2.6	- 7.2	- 4.4	92	89	93	91	77	94
13	- 7.2	- 5.9	- 9.1	- 7.4	+ 1.5	- 10.2	- 5.7	91	91	89	90	86	93
14	- 4.6	- 0.2	- 1.6	- 2.1	+ 6.7	- 10.4	0.0	19	55	84	53	16	88
15	- 0.6	+ 2.9	+ 1.2	+ **1.2**	+ **10.0**	- 2.3	+ **3.3**	60	47	48	52	45	88
16	- 1.5	- 1.2	- 3.0	- 1.9	+ 6.9	- 4.0	- 1.0	57	76	84	72	51	90
17	- 0.8	+ 0.4	- 2.8	- 1.1	+ 7.7	- 4.2	+ 1.3	52	56	75	61	48	83
18	- 3.4	- 4.6	- 5.7	- 4.6	+ 4.1	- 7.8	- 3.1	78	95	95	89	71	96
19	- 11.2	- 7.2	- 8.2	- 8.9	- 0.2	- 11.5	- 6.8	82	77	85	81	68	88
20	- 5.8	- 2.8	- 5.4	- 4.7	+ 3.9	- 7.0	- 1.4	90	78	28	65	27	90
21	- 7.2	- 6.0	- 6.7	- 6.6	+ 2.0	- 7.8	- 5.6	69	90	92	84	42	93
22	- 6.9	- 5.6	- 5.7	- 6.1	+ 2.5	- 7.1	- 5.4	95	95	95	**95**	93	95
23	- 9.5	- 6.3	- 11.1	- 9.0	- 0.5	- 11.2	- 4.9	95	93	93	94	93	95
24	- 11.5	- 9.5	- 8.7	- **9.9**	- **1.4**	- **11.7**	- 8.4	93	90	90	91	90	94
25	- 7.8	- 6.3	- 6.8	- 7.0	+ 1.4	- 8.4	- 6.0	91	91	91	91	90	92
26	- 7.2	- 2.7	- 7.9	- 5.9	+ 2.5	- 8.1	- 2.1	91	91	91	91	90	92
27	- 8.3	- 2.7	- 4.7	- 5.2	+ 3.1	- 8.3	- 1.8	91	91	81	88	80	92
28	- 4.6	- 0.3	- 3.8	- 2.9	+ 5.4	- 5.4	- 0.1	85	82	73	80	68	92
Mois	- 6.30	- 3.62	- 5.71	- 5.21	+ 3.40	- 7.51	- 3.05	68	69	72	70		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500mm +				Fraction de saturation en %			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	68.39	68.52	68.64	68.52	49	49	55	51
2e »	64.74	65.21	64.85	64.93	69	73	76	73
3e »	54.06	54.91	54.85	54.61	89	90	88	89
Mois	62.99	63.45	63.35	63.26	68	69	72	70

Température.

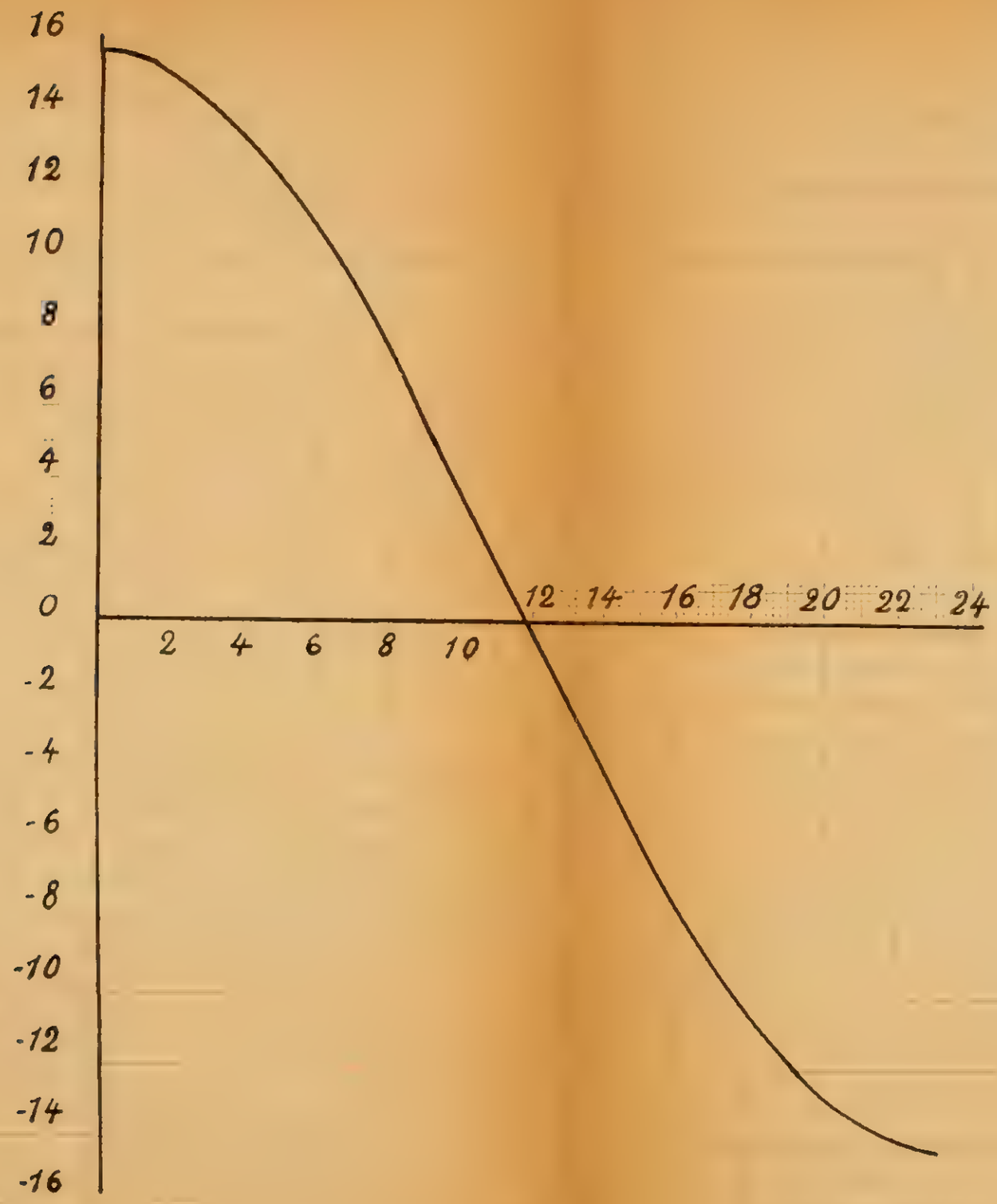
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 6.55	— 3.46	— 5.76	— 5.26	— 5.38
2e »	— 4.79	— 2.73	— 4.68	— 4.07	— 4.22
3e »	— 7.87	— 4.93	— 6.93	— 6.58	— 6.67
Mois	— 6.30	— 3.62	— 5.71	— 5.21	— 5.34

Dans ce mois l'air a été calme 143 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{51}{61} = 0\ 84$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	25.3	26.0	32.7	106.3
Neige en centimètres....	—	12	46	112


16
14
12
10
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
-12
-14
-16
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24

FROTTEMENT INTÉRIEUR
DES VERRES
EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

PAR

C. E. GUYE et Mlle S. VASSILEFF

(Suite et fin [1])

Expériences définitives

Verre ordinaire

Nous avons commencé nos recherches par le verre ordinaire et nous avons étudié deux fils de dimensions différentes. Tous deux avaient 22,5 cm. de longueur et respectivement 0,318 et 0,325 mm. de diamètre. Ils avaient subi le même traitement. Tous deux avaient été étirés et provenaient d'un même échantillon de verre ; ils furent fixés dans les pinces au moyen du même mastic et suspendus d'une façon identique.

Nous avons toujours procédé de la manière suivante : on commençait par porter le fil à la température la plus élevée (300°-360°) et on le maintenait à cette température pendant deux heures. Puis, on effectuait une série de mesures pour des températures décroissantes jusqu'à la température ordinaire ; ensuite on remontait par une série de températures croissantes jusqu'au voisinage de la température initiale.

Cela fait, on changeait le moment d'inertie, ainsi qu'il a été dit à la page 217 et on effectuait la même série d'expériences.

[1] Voir *Archives*, t. XXXVII, Mars 1914.

Les résultats de nos mesures sont résumés dans le tableau ci-dessous et comme nous avons dressé des tableaux analogues pour tous les résultats de nos expériences, nous voulons à ce sujet donner quelques mots d'explication.

La première colonne renferme les températures auxquelles les fils ont été soumis ; la deuxième la durée d'oscillation T (durée d'une oscillation complète) ; la troisième les valeurs du décrément logarithmique correspondant à une série de températures décroissantes ; ces valeurs étant exprimées en logarithmes naturels ; la quatrième, les valeurs du décrément correspondant à une série de températures croissantes.

TABLEAU I

Fil de verre ordinaire n° 1. Longueur 22cm,5 ; diamètre 0mm,3182
Petit moment d'inertie

Pression dans l'appareil 25mm ; moment d'inertie 325,07			
Température	Période T	Décrément log. λ_d	Décrément log. λ_c
310°	4,27″	0,03218	0,03223
250	4,26	0,02743	0,02747
200	4,25	0,03087	0,03080
150	4,24	0,02874	0,02876
100	4,23	0,02442	0,02440
57	4,24	—	0,01542
18	4,23	0,00711	0,00711

Malheureusement, par suite d'une rupture du fil, nous n'avons pas pu expérimenter sur le même fil avec un autre moment d'inertie.

Quoique les résultats indiqués plus haut ne puissent pas être comparés au point de vue du frottement intérieur avec ceux qui suivent, nous les reproduisons quand même, car ils montrent la même allure générale de la variation du décrément logarithmique et permettent de se rendre compte de l'ordre de grandeur de l'influence de la dimension du fil sur le décrément, la substance étant la même.

Ces résultats sont résumés dans la courbe (fig. 4).

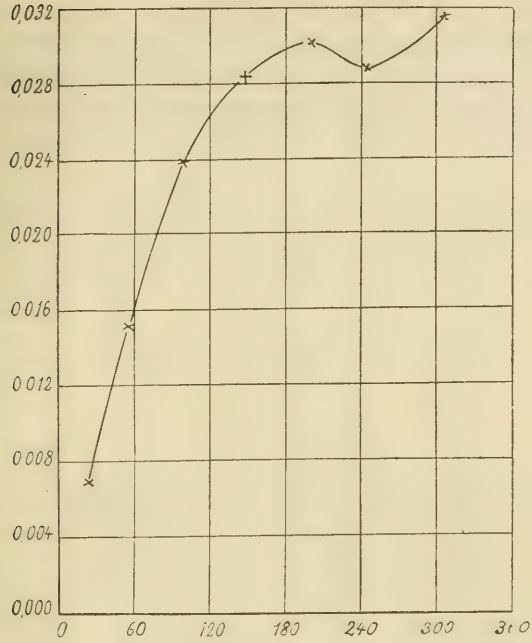


Fig. 4

TABLEAU II

Fil de verre ordinaire n° 2. Longueur 22cm,5 ; diamètre 0mm,3247
Grand moment d'inertie

Pression 25mm ; moment d'inertie 1395,9		
Température	Période T	Décrément log. λ_c
18°	5,58″	0,00848
100	5,58	0,03229
200	5,73	0,04300
250	5,77	0,04045
310	5,79	0,04054
18	5,72	0,00761

Dans cette série d'expériences, nous avons opéré d'une manière un peu différente du mode habituel. Nous avons d'abord

soumis le fil à des températures croissantes, en déterminant le décrément logarithmique tous les 50°. Après avoir pris une mesure à la température la plus élevée, nous avons refroidi le fil pour revenir graduellement à la température ambiante initiale. En procédant ainsi, nous avons constaté : 1° qu'on ne retrouve

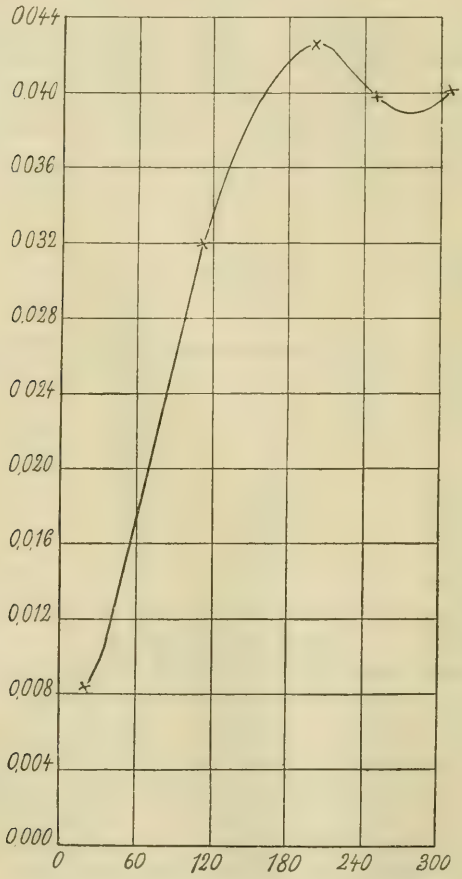


Fig. 5

pas la même valeur du decrément en revenant à la température initiale, c'est-à-dire que la structure moléculaire du fil est changée par le recuit ; ce à quoi il fallait s'attendre ; 2° qu'en

effectuant le cycle complet des mesures on trouve en descendant, pour une valeur donnée de la température, le décrément plus petit et la durée d'oscillation plus grande qu'en montant ; 3° que le minimum caractéristique qui était dans la courbe (fig. 4) à 250°, se trouve déplacé vers 280°. Les résultats sont reproduits sur la courbe (fig. 5).

Cette série d'expériences montre combien la précaution de commencer par les températures élevées est importante si l'on veut obtenir des résultats plus comparables.

Mesures définitives

Tableau III

A. Grand moment d'inertie

Pression 28mm ; moment d'inertie 1395,9			
Température	Période T	Décrém. log. λ_d	Décrém. log. λ_c
310°	5,79″	0,03341	0,03340
280	5,76	0,03141	—
250	5,74	0,03003	0,03000
200	5,70	0,03303	0,03306
150	5,70	0,03190	0,03190
100	5,72	0,02908	0,02903
18	5,72	0,00761	0,00761

Tableau IV

B. Petit moment d'inertie

Pression 25mm ; moment d'inertie 335,07			
Température.	Période T	Décrém. log. λ_d	Décrém. log. λ_c
310°	3,68″	0,03325	0,03330
250	3,63	0,02874	0,02877
200	3,59	0,03302	0,03302
150	3,58	0,03180	—
100	3,56	0,02829	0,02830
18	3,59	0,00759	0,00760

Nous avons fait encore une série de mesures pour des températures décroissantes. Les résultats de ces mesures sont résumés dans le tableau ci-après.

TABLEAU V

Pression 28mm; moment d'inertie 335,07		
Température.	Période T	Décrém log. λ_d
310°	3,67″	0,03334
250	3,65	0,02980
200	3,62	0,03300
100	3,58	0,02880
18	3,59	0,07598

Avant d'aller plus loin, faisons quelques remarques sur les résultats de ces mesures.

Notons tout d'abord que l'équipage mobile était toujours mis en mouvement par une seule impulsion. En effet, lorsqu'on veut donner plusieurs impulsions successives sans troubler le caractère du mouvement oscillatoire, il faut le faire juste au moment où le système passe par sa position d'équilibre. Or, il est très difficile d'apprécier le moment de ce passage.

Par contre, l'impulsion même instantanée, appliquée à un système oscillatoire en mouvement, à un instant quelconque, provoque comme on sait des troubles dans ce mouvement.

Nous avons constaté ce phénomène plusieurs fois ; la courbe enregistrée était irrégulière et les résultats non concordants.

Nous tenons encore à noter que les fils de verre ont été examinés au microscope polarisant avant et après l'expérience. Dans les deux cas ils présentaient une homogénéité régulière sur toute leur longueur et une légère polarisation dans le gris du premier ordre de la série de couleurs de Newton. On pouvait distinguer les deux positions d'extinction, mais d'une manière très peu nette. Avec une plaque à teinte sensible, nous n'avons pas pu découvrir, par la variation de teinte vers le rouge ou le bleu, les deux directions caractéristiques pour les cristaux. La polarisation est donc insignifiante et nous pensons qu'*il est légi-*

time d'envisager le verre de nos fils d'expérience comme un corps sensiblement isotrope.

Disons enfin que nous n'avons pas tenu compte du frottement intérieur du fil de suspension en acier, le jugeant négligeable par rapport au frottement du fil d'expérience. En effet, le frottement intérieur de l'acier trempé est très petit, très régulier et relativement peu influencé par la température [1].

Voyons maintenant quelle est l'influence de la température sur le décrément logarithmique des fils de verre ordinaire. Dans toutes nos expériences sur des fils, quelles que soient les dimensions, on trouve la même allure dans la variation du décrément avec la température. Le décrément croit d'abord assez rapidement de 10° à 100°, moins vite de 100° à 200°, et à partir de cette température, commence à décroître, passe par un minimum près de 250°, puis remonte de nouveau encore plus rapidement qu'avant.

Malheureusement, les moyens dont nous avons disposé ne nous ont pas permis d'étudier le décrément logarithmiqne pour des températures supérieures à 360°. Il nous était donc impossible de nous faire une idée définitive de l'allure exacte de la variation du décrément à ces températures élevées.

Nos résultats nous montrent néanmoins que la variation du decrément en fonction de la température suivant qu'on procède par températures décroissantes ou croissantes, est sensiblement la même, à la condition de commencer par les températures décroissantes, ou ce qui revient au même après avoir recuit le fil à la température la plus élevée.

Les courbes (fig. 4, 5, 6) représentent les résultats obtenus. Il importe de remarquer d'abord que les trois courbes correspondant aux dimensions des fils et moments d'inertie

[1] Dans le tableau ci-après nous indiquons quelques données relatives au fil d'acier qui a servi pour nos expériences.

Diamètre, 0,016 cm. ; longueur, 27,5 cm.			
Température	Durée d'oscill.	Décrément	Charge
18°	10″,98	0,000320	162,6
18°	6″,93	0,000421	160,3

différents, présentent à partir de 200° une région singulière dans laquelle le décrément passe par un maximum suivi d'un minimum dans le voisinage de 250°. Cette particularité se produit aussi bien pour des températures décroissantes que pour des températures croissantes.

Il importe également de mentionner que la vitesse de déformation n'influe nullement le décrément. En effet, sur la courbe

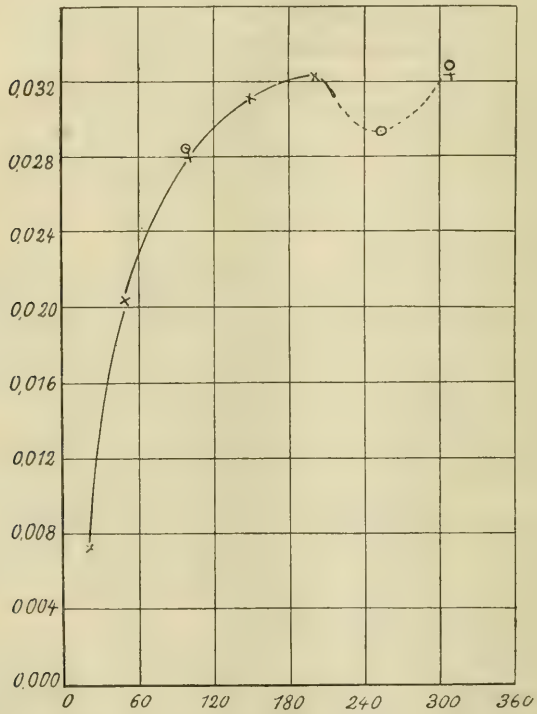


Fig. 6

(fig. 6), nous avons représenté, pour un même fil, les deux courbes obtenues pour des moments d'inertie différents. On voit que, à l'exception du minimum qui paraît plus accusé pour le plus petit moment d'inertie, les autres points des deux courbes se superposent. Les écarts ne dépassent pas 1 %; ils rentrent donc dans l'ordre de grandeur des erreurs.

Comparons maintenant les résultats obtenus avec les expressions qui résultent d'une part de la théorie de M. Voigt, d'après laquelle le produit λT est une constante caractéristique du corps, et d'autre part de la théorie de Boltzmann qui attribue cette constance au décrément logarithmique lui-même.

Ni l'une ni l'autre de ces deux théories ne semble être rigoureusement applicable aux différents fils de verre que nous avons étudiés.

Il semble cependant que pour un même fil et différents moments d'inertie, c'est la théorie de Boltzmann qui est la plus satisfaisante, c'est-à-dire que pour un même fil le décrément logarithmique ne varie pas tant que la température reste constante.

Pour des fils de dimensions différentes, la comparaison est plus délicate, car les fils que nous avons utilisés ne sont pas des cylindres parfaits et les expériences que nous avons faites sont trop peu nombreuses.

Les résultats pour un même fil sont réunis dans le tableau suivant :

Tableau VI

Tempér.	Période T :	4,23 sec.	3,68 sec.	Ecart en pour cent
310°	λ	0,3218	0,03334	+ 3,48
	λT	0,13506	0,12271	— 9,1
250°	λ	0,02743	0,02980	+ 7,9
	λT	0,11585	0,10947	— 5,5
200°	λ	0,3087	0,03300	+ 6,4
	λT	0,13159	0,12243	— 6,9
100°	λ	0,02442	0,02879	+ 1,5
	λT	0,10329	0,10478	+ 1,4
18°	λ	0,00711	0,00760	+ 6,4
	λT	0,02993	0,02729	— 8,9

Quant au décrément lui-même, le tableau précédent montre nettement l'influence de la température sur sa variation en fonction de la durée. Il diminue en général peu avec l'augmentation de la durée. Mais sa variation est plus grande pour les

basses températures que pour les températures élevées. Il est même possible que cette variation, qui, à 310° n'est que de 3,6 %, disparaisse complètement pour les températures suffisamment élevées. Le corps obéirait alors rigoureusement à la théorie de Boltzmann.

Nous ne pouvons pas indiquer un sens déterminé pour la variation du produit λT.

Il augmente avec la période, pour toutes les températures, sauf pour 100°. En outre, sa variation est beaucoup moins accusée aux basses températures. La théorie de M. Voigt semble donc être mieux applicable à un état solide plus parfait.

En résumé, toutes nos expériences, effectuées sur du verre ordinaire aussi bien que sur d'autres genres de verre, nous montrent d'une manière très nette que pour une même espèce de verre, les fils étant différents, ce serait plutôt le produit λT qui serait caractéristique, au moins pour des températures comprises entre 20° et 200°. Par contre, pour le même fil, c'est le décrément logarithmique λ qui est indépendant de la durée.

Passons maintenant à l'influence exercée par l'amplitude. On sait que, pour la plupart des métaux, le décrément logarithmique varie en fonction linéaire de l'amplitude. Cette influence de l'amplitude sur le décrément va assez fréquemment en augmentant avec la température.

Il n'en est pas de même pour le verre, pour des amplitudes du même ordre de grandeur. Dans ce cas *le décrément logarithmique serait indépendant de l'amplitude.* Sur plus de 200 mesures effectuées au cours du présent travail, pas une ne nous a donné des résultats contraires.

On peut facilement se rendre compte de l'ordre de cette variation d'après le tableau VII ci-après, où nous avons relevé les données complètes concernant les trois séries de mesures à des températures différentes.

La concordance est manifeste. La variation du décrément est à peine sensible. Elle rentre dans l'ordre de grandeur des erreurs possibles ; il semble qu'on soit bien là en présence d'un fait nettement établi et non d'une concordance accidentelle.

On voit donc que le cas du verre présente quelques simplifications, et nous pouvons nous demander en premier lieu si le

TABLEAU VII

Décrément observé		
A 100° pour des amplitudes variant entre 2°40′ et 41′2″	A 310° pour des amplitudes variant entre 2°50′ et 40′	A 18° pour des amplitudes variant entre 2°35′ et 50′
0,029140	0,033026	0,007622
0,029145	0,033059	0,007631
0,029150	0,033107	0,007591
0,029104	0,033127	0,007593
0,029103	0,033050	0,007602
0,029145	0,033050	0,007619
0,029138	0,033051	0,007614

mouvement du système dans ce cas n'est pas représenté par un mouvement oscillatoire amorti et obéissant à l'équation bien connue :

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} + f\frac{d\theta}{dt} + c\theta = 0 \qquad (1)$$

équation qui, comme on le sait, pour les métaux, est loin d'être vérifiée.

Voyons maintenant jusqu'à quel point les caractères de cette équation se retrouvent dans nos graphiques.

Rappelons d'abord que la constance du rapport entre deux élongations consécutives est, comme nous l'avons vu en parlant de l'influence de l'amplitude, suffisamment démontrée par l'expérience.

Disons seulement que la quantité δ calculée d'après la relation

$$\delta = aT = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_2}$$

nous donne 0,04 pour T = 3,38 sec., $\theta_1 = 10{,}5$ cm., $\theta_2 = 10{,}1$ cm. La valeur du coefficient a tiré de la même relation est égal à 0,0108.

Si l'on porte dans l'équation (1) la valeur de a et si l'on en tire les valeurs de θ pour les époques $\frac{T}{6}$, $\frac{T}{8}$, $\frac{T}{12}$ on trouve res-

pectivement :

$$\theta_{\frac{T}{6}} = 4{,}52$$

$$\theta_{\frac{T}{8}} = 6{,}4$$

$$\theta_{\frac{T}{12}} = 7{,}79$$

Mais ces mêmes quantités, calculées d'après la formule du mouvement périodique simple

$$\theta = \theta_0 \cos \omega t$$

ont pour valeur,

$$\theta'_{\frac{T}{6}} = 4{,}55$$

$$\theta'_{\frac{T}{8}} = 6{,}43$$

$$\theta'_{\frac{T}{12}} = 7{,}88$$

Les différences entre θ et θ' sont dans les dixièmes de millimètres, c'est-à-dire inappréciables.

Les valeurs mesurées sur les épreuves photographiques concordent sensiblement avec les valeurs de θ ; soit

$$\theta_{1\,\frac{T}{6}} = 4{,}52$$

$$\theta_{1\,\frac{T}{8}} = 6{,}4$$

$$\theta_{1\,\frac{T}{12}} = 7{,}8$$

En ce qui concerne le therme $\frac{a}{\omega^2}$ qui représente le décalage des temps correspondant aux passages par la position d'équilibre, il est inaccessible à nos mesures.

En effet, en calculant la valeur du rapport $\frac{a}{\omega^2}$, on trouve 0,0038, grandeur dont nous ne pouvons pas tenir compte.

Remarquons encore que nous n'avons pas constaté d'influence appréciable de l'amplitude sur la durée d'oscillation. Pour 20 oscillations complètes d'une durée totale de 80 sec. avec une amplitude de 30 cm. et le même nombre d'oscillations avec une

amplitude de 10 cm., nous n'avons constaté qu'une différence de 0,15 sec. Sur les épreuves photographiques, les distances séparant les deux élongations maxima consécutives, pour la même courbe, sont les mêmes quoique les amplitudes aillent en décroissant. Ainsi, pour huit oscillations complètes, nous n'avons pas pu constater la moindre différence. Ces résultats sont d'accord d'une part avec la constance du décrément en fonction de l'amplitude et d'autre part ils montrent qu'ils sont compatibles avec un mouvement amorti par une force proportionnelle à la vitesse.

Ajoutons, en terminant, que pour un même fil, la durée d'oscillation ne varie que très peu avec la température.

Verre d'Iéna

Les expériences sur le verre d'Iéna ont été conduites de la même façon que celles sur le verre ordinaire. On faisait parcourir au fil de verre un cycle complet (en commençant par des températures décroissantes) et ceci pour deux moments d'inertie différents. Les résultats sont résumés dans les tableaux suivants :

TABLEAU VIII

Fil de verre d'Iéna. Longueur 22^{cm},5 ; diamètre 0^{mm},3178

A. Grand moment d'inertie

Pression 28^{mm} ; moment d'inertie 1395,9			
Température	Période T	Décrém. log. λ_d	Décrém. log. λ_c
360°	6,8″	0,03053	0,03058
310	6,77	0,01980	0,01984
250	6,79	0,01114	0,01113
200	6,69	0,00697	0,00697
150	6,67	0,00535	—
100	6,72	0,00469	0,00469
60	6,93	—	0,00798
18	6,92	0,01181	0,01181

Tableau IX

B. Petit moment d'inertie

Pression 25-28^{mm}; moment d'inertie 335,07			
Température	Période T	Décrém. log. λ_d	Décrém. log. λ_c
360°	4,28″	0,03049	0,03044
310	4,27	0,02007	0,02006
250	4,25	0,01130	0,01129
200	4,20	0,00700	0,00697
150	4,20	0,00547	0.00547
100	4,20	0,00470	0,00469
60	4,28	0,00799	0,00796
18	4,34	0,00118	0,00118

On voit que pour le verre d'Iéna le frottement intérieur diminue rapidement de 20° jusqu'à environ 100°. La partie de la courbe (fig. 7) représentant cette diminution, dans ces

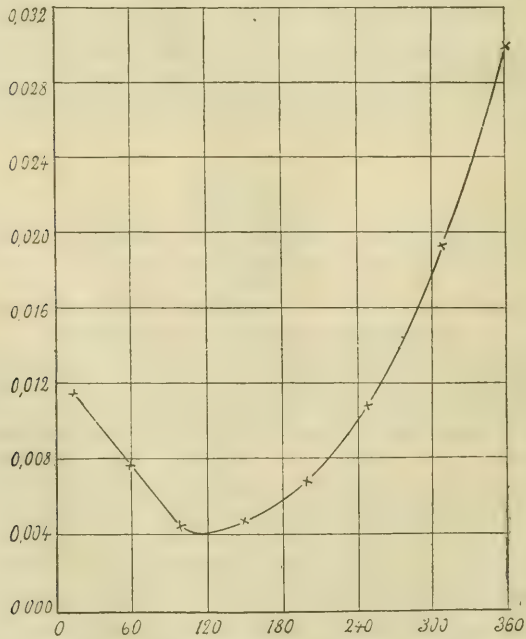


Fig. 7

limites de température, est presque une droite. Ensuite, dans le voisinage de 120°, le décrément passe par un minimum, puis remonte lentement jusqu'à 250° et beaucoup plus rapidement entre 250° et 360°. Cette allure se retrouve aussi bien pour des températures décroissantes et croissantes que pour des moments d'inertie différents.

Ce fait nous montre d'une manière très nette à quel point le phénomène du frottement intérieur est complexe. Il semble probable que des transformations physico-chimiques reversibles se produisant à des températures relativement basses, soient la cause de ces variations singulières du frottement intérieur.

Les conclusions tirées de l'étude sur le verre ordinaire s'appliquent aussi au verre d'Iéna. Ainsi :

1° Le décrément prend la même valeur pour une température donnée, aussi bien pour des températures croissantes que décroissantes.

2° Le décrément logarithmique est indépendant de la vitesse de la déformation.

3° Le décrément est indépendant de l'amplitude.

4° La durée d'oscillation ne varie que peu avec la température.

5° La courbe à grande vitesse a presque la même forme que celle pour le verre ordinaire. C'est une sinusoïde amortie. Remarquons seulement qu'elle a été prise à la température de 360°, tandis que la courbe correspondant au verre ordinaire a été obtenue à 310°. On ne peut donc pas faire pour ces deux courbes, une comparaison complète entre les coefficients figurant dans l'équation du mouvement, ces coefficients variant avec la température. D'autre part les fils n'ayant pas les mêmes dimensions, cette comparaison n'aurait pas un intérêt spécial.

Dans la limite d'exactitude des courbes enregistrées, le mouvement obéit à la relation [1].

$$\theta = \theta_0 e^{-at} \cos \omega t$$

Le produit $a\mathrm{T} = \delta$ est égal à 0,034313.

D'où l'on tire $a = 0{,}01136$

Le coefficient du frottement intérieur, calculé d'après la re-

[1] Pour la signification des différentes lettres voir page 223.

lation $f = 2\,a\mathrm{I}$, nous donne, pour le verre d'Iéna, à 360°, la valeur de 7,610790; et le décalage du quart de la période $\frac{a}{\omega_2}$ est égal à 0,0027.

Cette dernière valeur, vu sa petitesse n'était pas accessible aux mesures directes sur les courbes.

Mentionnons encore que nous avons examiné les fils de verre à l'aide du microscope polarisant, avant et après les expériences. Le verre d'Iéna est encore moins polarisant que le verre ordinaire. Toutefois on pouvait encore distinguer les deux positions d'extinction.

Verre de plomb

Nous nous sommes demandé si le verre de plomb, pour lequel la température de 360° est une température plus voisine de son point de fusion, ne présentait pas certaines particularités, tant au point de vue de la variation du décrément logarithmique au voisinage de cette température, qu'en ce qui concerne la nature des courbes enregistrées à grande vitesse (voir Pl. VII).

La méthode expérimentale restant la même que pour les autres fils, nous ne donnerons ici que les résultats.

Tableau X

Fil de verre de plomb. Longueur 22^{cm},5 ; diamètre 0^{mm},35717
A. Petit moment d'inertie

Pression 30^{mm}; moment d'inertie 335,07			
Température	Période T	Décrém. log. λ_d	Décrém. log. λ_c
360°	3,68″	0,05247	0,05245
310	3,64	0,04167	0,04157
280	3,65	—	0,03906
250	3,68	0,03988	0,03986
200	3,62	0,03376	0,03369
150	3,57	0,02543	0,02541
100	3,56	0,00982	0,00982
60	3,50	0,00521	0,00525
18	3,47	0,00274	0,00273

TABLEAU XI

B. Grand moment d'inertie

Pression 30mm; moment d'inertie 1395,9			
Température	Période T	Décrém. log. λ_d	Décrém. log. λ_c
360°	5,74″	0,05210	0,05204
310	5,72	0,04148	0,04146
280	5,70	0,03910	0,03910
250	5,72	0,03976	0,03969
200	5,70	0,03365	0,03361
150	5,70	0,02550	0,02559
100	5,70	0,00983	0,00988
60	5,68	0,00520	—
18	5,68	0,00274	0,00274

L'allure de la variation du décrément avec la température présente beaucoup d'analogie avec un mouvement sinusoïdal amorti. Le décrément, comme on le voit sur la courbe (fig. 8), croît très rapidement avec la température, et cela dans des limites tout à fait inattendues. Le premier maximum qui semble correspondre au premier maximum du verre ordinaire à 200° se produit à 250°. Le minimum qui le suit est approximativement à 280°.

Nous ne voulons pas répéter ici tout ce qui a été déjà dit pour les autres verres sur l'influence de la période sur le décrément. Les chiffres donnés ci-dessus montrent très bien que les conclusions à tirer sont identiques à celles que nous avons déduites de l'étude des autres verres. Le décrément logarithmique est toujours indépendant de la vitesse de la déformation et de l'amplitude.

Le fait qui doit attirer notre attention est que la courbe à grande vitesse pour le verre de Plomb permet d'étudier, d'une façon plus précise que pour les autres verres, la loi de l'amortissement.

Sur la planche VII, nous reproduisons une de ces courbes.

Tandis que pour le verre ordinaire et le verre d'Iéna on avait

une courbe se rapprochant sensiblement d'une sinusoïde, avec le verre de plomb, on obtient une belle courbe sinusoïde amor-

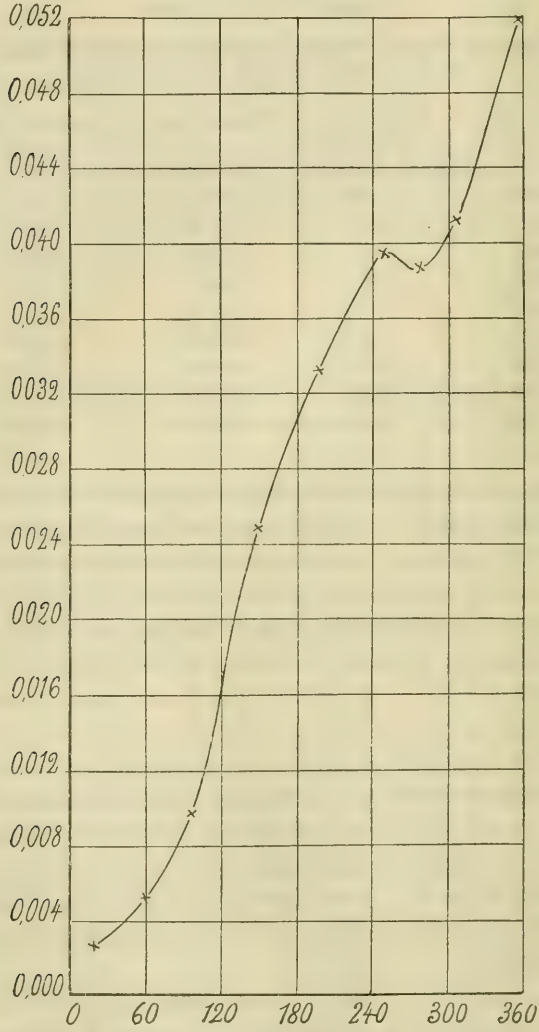


Fig. 8

tie avec des décalages bien marqués entre les divers quarts de période (3 mm. environ).

La durée séparant les deux passages consécutifs par la posi-

tion d'équilibre n'est donc pas coupée en deux parties égales par l'époque où la vitesse du mobile est nulle.

En effet, le coefficient a de l'expression $\frac{a}{\omega^2}$ atteint, à 360°, une valeur de 0,02 (il était de 0,01136 pour le verre d'Iéna à la même température). La période étant de 3,68 sec., on a pour le décalage,

$$\frac{a}{\omega^2} = 0{,}009$$

ou très approximativement 0,01.

Le décalage est donc de l'ordre des centièmes, tandis qu'il était dans les millièmes pour les verres précédents.

En partant de la formule

$$\theta = \theta_0 e^{-at} \cos \frac{2\pi}{T} t$$

pour $a = 0{,}02$, nous avons calculé les élongations θ correspondant aux valeurs suivantes de t :

$$\frac{T}{6}, \frac{T}{8}, \frac{T}{12}, \frac{T}{3}, \frac{3T}{8}, \frac{5T}{12}$$

comme nous l'avons fait pour le verre ordinaire.

Voici les résultats obtenus par le calcul et ceux que nous avons tirés des mesures directes sur les épreuves photographiques :

Tableau XII

Temps	θ calculée	θ observée
$\frac{T}{6}$	13,2 cm.	13,2 cm.
$\frac{T}{8}$	10,7 »	10,7 »
$\frac{T}{12}$	7,35 »	7,36 »
$\frac{T}{3}$	— 7,07 »	— 7,07 »
$^3/_8$T	— 9,98 »	— 10,00 »
$^5/_{12}$T	— 12,44 »	— 12,45 »

Ajoutons encore que si on calcule le coefficient du frottement intérieur d'après la formule déjà employée

$$f = 2a\mathrm{I}$$

on arrive à une valeur de 13,4028. Ce même coefficient pour le verre d'Iéna et à la même température (360°) était 7,6107, presque deux fois plus petit.

Conclusions

L'étude que nous avons entreprise nous amène aux conclusions suivantes :

1° Le décrément logarithmique des fils de verre étudiés (recuit entre 300° et 400°) présente une régularité remarquable dans ses variations avec la température. En effet, nous avons toujours pris la première mesure (à 360°) un jour après la suspension du fil. Dix jours nous étaient nécessaires pour parcourir la série des températures décroissantes et des températures croissantes et revenir à la même température qu'au début de l'expérience. Or, la première et la dernière mesures ainsi obtenues, dans un intervalle de temps de dix jours, ne présentent aucune différence appréciable.

Par contre le décrément logarithmique d'un fil non recuit dépend de l'histoire thermique du fil. Dans les tableaux II et III on voit que les décréments obtenus en partant de la température ordinaire et en chauffant progressivement jusqu'à la température la plus élevée, ne concordent pas avec les décréments obtenus après le recuit du fil, ce à quoi il fallait s'attendre, d'après tout ce que l'on connaît sur les propriétés des solides. Le recuit semble diminuer le frottement intérieur et par conséquent le décrément logarithmique.

2° Pour le fil recuit, les points figuratifs du décrément restent dans les limites des erreurs d'ailleurs très petites sur une même courbe, qu'il s'agisse de températures croissantes ou décroissantes; il n'y a donc pas d'hystérésis thermique appréciable dans ces conditions.

3° Contrairement à ce que l'on observe avec les métaux, le décrément logarithmique ne varie pas avec l'amplitude de l'oscillation; le rapport de deux élongations successives $\frac{\theta_{n-1}}{\theta_n}$ étant constant le mouvement peut être supposé obéir à l'équation générale du mouvement amorti :

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} + f \frac{d\theta}{dt} + c\theta = 0$$

en d'autres termes à l'hypothèse d'un frottement proportionnel à la vitesse. Mais *avec cette restriction que le changement du moment d'inertie a pour effet de modifier la valeur du coefficient* f *de la formule précédente*.

4° D'autre part, si l'on compare les résultats obtenus avec deux moments d'inertie différents, on serait tenté de conclure que le décrément est indépendant de la vitesse de la déformation, conclusion qui semble contradictoire avec l'hypothèse résumée par l'équation précédente. Il faut donc admettre que la constance du décrément observée pour des périodes différentes n'implique pas nécessairement que la force d'amortissement soit indépendante de la vitesse et qu'il en soit de même des courbes qui représentent la variation du couple en fonction de la déformation ; la forme du cycle pourrait en effet dépendre de la vitesse, tandis que la surface en serait indépendante.

5° La valeur du décrément varie en général très rapidement avec la température. Cette variation est d'autant plus considérable que le verre est plus fusible. Ainsi pour le verre d'Iéna, le moins fusible des trois verres étudiés, le décrément varie de 0,01181 à 0,03053. quand on passe de la température ordinaire à la température de 360° ; pour le verre ordinaire de 0,00760 à 0,03305 (à 310°) ; enfin pour le verre de plomb (le plus fusible), cette variation devient très considérable, le décrément ayant la valeur de 0,00274 à la température de la salle, il atteint la valeur de 0,05247 quand on monte à 360°.

6° L'allure de la variation du décrément avec la température n'est pas constamment croissante ; c'est bien la preuve de la complexité des phénomènes qui doivent se produire au sein de la matière lorsqu'on fait varier la température. Pour deux

des verres étudiés le décrément après avoir augmenté d'abord jusqu'à 200° pour le verre ordinaire et 250° pour le verre de plomb, diminue brusquement et passe par un minimum aux environs de 250° pour le premier verre et 280° pour le second, pour croître ensuite très rapidement. Pour le verre d'Iéna, l'allure change : le décrément décroissant d'abord jusqu'à 100° passe par un minimum vers 120°, ensuite remonte d'abord lentement de 120° à 250° et plus rapidement de 250° à 360°.

Ces variations ont ce caractère particulier d'être reversibles et de se produire aussi bien pour des températures croissantes que pour des températures décroissantes.

7° Enfin les courbes obtenues par l'inscription du mouvement oscillatoire sont, dans la limite des erreurs, des sinusoïdes amorties.

Tant que l'amortissement n'est pas trop grand, la courbe se rapproche trop du mouvement harmonique simple pour qu'il soit possible d'en tirer la valeur du coefficient d'amortissement avec précision.

Tel est le cas pour le verre ordinaire et le verre d'Iéna. Mais à mesure que le coefficient du frottement augmente avec la température, le coefficient d'amortissement a qui figure dans l'équation

$$\theta = \theta_0 e^{-at} \cos \frac{2\pi}{T} t$$

devient de plus en plus grand.

L'inégalité des deux demi-périodes (caractéristique du mouvement sinusoïdal amorti) correspond bien alors à la valeur du coefficient a de la formule. C'est le cas pour le verre de plomb à 360°.

L'analyse des courbes de mouvement enregistrées nous a permis de nous faire une idée de la variation du coefficient (pour une température déterminée) quand on passe du verre le moins fusible au verre le plus fusible. Comme nous l'avons dit l'amortissement est trop faible pour les verres ordinaire et d'Iéna, pour qu'il soit possible de tirer des expériences des conclusions précises. Mais si l'on admet par analogie que ces verres suivent une loi semblable à celle du verre de plomb, on

peut établir le tableau ci-après, donnant pour les hautes températures les caractéristiques du mouvement sinusoïdal amorti.

Tableau XII

Verre	Température	Coefficient a	Décalage $\frac{a}{\omega^2}$	Coeff. du frott. $f = 2aI$
Verre d'Iéna....	360	0,01136	0,0027	7,6108
— ordinaire .	310	0,0108	0,0038	7,2375
— de plomb .	360	0,02	0,01	13,4028

Laboratoire de physique de l'Université.
Genève, janvier 1914.

LA MAGNÉTOCHIMIE DES COMPOSÉS DU NICKEL

ET LA

THÉORIE DU MAGNÉTON

PAR

B. CABRERA, E. MOLES et J. GUZMAN

1. Dans son travail classique Wiedemann [1] étudia la susceptibilité spécifique des chlorure, sulfate et nitrate de nickel ; plus tard Quincke [2] étudia le chlorure et le sulfate. G. Jäger et St. Meyer [3] mesurèrent les chlorure, sulfate et nitrate de nickel ; J. Kœnigsberger [4] étudia le sulfate ; Liebknecht et Wills [5] les chlorure, bromure, iodure, fluorure, sulfate et nitrate ; G. Meslin [6] le sulfate et W. Finke [7] le sulfate cristallisé avec 7 molécules d'eau.

Nous examinerons spécialement les mesures de Kœnigsberger, Liebknecht, Wills et celles de W. Finke. Le premier de ces auteurs étudie six dissolutions de SO_4Ni dont la teneur en sel est comprise entre 2,35 et 12,28 % et obtient l'équation

$$\chi_s = [32{,}7\, m - 0{,}80\,(1 - m)] \,.\, 10^{-6}$$

donnant des différences du centième entre les valeurs calculées et observées. Ces résultats confirment la loi de Wiedemann

[1] *Pogg. Ann.* 1863, CXXVI, 1.
[2] *Wied. Ann.* 1885, XXIV, 347.
[3] *Wiener. Ber.* 1897, CVI, 594 et 623.
[4] *Wied. Ann.* 1898, LXVI, 698.
[5] *Ann. d. Phys.* 1900, I, 178.
[6] *Ann. Chim. et Phys.* 1906, [8], VII, 145.
[7] *Ann. d. Phys.* 1910, XXXI, 149.

selon laquelle la susceptibilité moléculaire du sel dissous est indépendante de la concentration. résultat logique étant donné la stabilité de ce corps dans ses dissolutions aqueuses. La valeur de la susceptibilité spécifique obtenue au moyen de la formule, 32.7×10^{-6}, doit être multipliée par le rapport $\frac{0,72}{0,80}$ des valeurs de l'eau, pour des motifs que nous avons déjà exposés dans un autre travail à propos du chlorure ferrique [1], avec quoi devient la valeur à $22^{\circ} = 29,4 \times 10^{-6}$ et pourtant la susceptibilité moléculaire = 0.00455.

Les résultats obtenus par Liebknecht et Wills ont un intérêt spécial parce qu'ils servirent à Weiss pour calculer le nombre de magnétons du nickel. Les susceptibilités des sels étudiés ramenées à la nouvelle valeur de la constante de l'eau sont :

F_2Ni	0,00428
Cl_2Ni	0,00429
Br_2Ni	0,00424
I_2Ni	0,00418
SO_4Ni	0,00417
$(NO_3)_2Ni$	0,00425

avec lesquels on trouve un nombre tout à fait fractionnaire de magnétons. La méthode au zéro de Du Bois suivie par les auteurs écartant toute erreur provenant de la mesure magnétique, il faut chercher la discordance soit dans la non application de la loi de Wiedemann, ce qui n'est pas d'accord avec les résultats de Kœnigsberger, que nous venons de citer, soit dans une erreur systématique commise dans l'analyse des solutions magnétiquement neutres. Relativement à cette dernière question il faut avertir que Windelschmidt [2] a démontré que la méthode employée par ces auteurs, soit l'électrolyse du sel dans des solutions contenant de l'oxalate d'ammonium, donne des erreurs par excès qui peuvent dépasser 3 %, et dont la cause

[1] *An. Soc. Esp. Fis. y Quim.*, 1912, X, 316 et 394. *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1913, XXV, 425.

[2] Voir : Thiel et Windelschmidt, *Zeit. f. angew. Chem.*, 1907, XX 1137. Voir aussi Classen, *Ausgewählte Methoden*, 1901, I, 408; Treadwell, *Lehrbuch*, 1911, II, 115. H. Grossmann, *Die Bestimmungsmethoden des Nickels und des Kobalts*, 42.

est la formation de composés de Ni avec le C. Nous avons pu confirmer cette valeur extrême bien que les erreurs n'aient pas dépassé 2 % dans nos expériences.

En tenant compte de tout ce que nous venons de dire nous avons cru convenable de répéter les mesures dans les sels de Ni. Tel a été le but du présent travail.

Les mesures de W. Finke furent faites en trois directions perpendiculaires sur un cristal de $SO_4Ni \cdot 7H_2O$, obtenu en partant d'un sel très pur. Les valeurs des susceptibilités moléculaires obtenues d'après les données de l'auteur sont :

$$\chi_c = 0{,}004309$$
$$\chi_a = 0{,}004173$$
$$\chi_b = 0{,}004206$$

M. P. Weiss[1] a démontré que la moyenne de ces constantes suit la loi de Curie tant que l'action orientante des aimants élémentaires les uns sur les autres est négligeable[2]. Cela permet de déduire le nombre de magnétons de ces mesures. Malheureusement l'auteur ne donne pas la température à laquelle il a opéré, mais en admettant que ce fut celle du laboratoire (18° à peu près) et en tenant compte de l'échauffement produit dans le champ, par le courant de l'électroaimant, nous pouvons considérer qu'elle pouvait osciller entre 20 et 25°.

Le nombre de magnétons calculé d'après cette hypothèse et correspondant à cette température est de 15,89 et 16,03, correction faite du diamagnétisme de l'anion et de l'eau de cristallisation.

2. La méthode suivie dans le présent travail pour les mesures magnétiques a été déjà décrite précédemment.

Les dissolutions furent préparées au moyen de sels de Merck et de Kahlbaum « exempts de cobalt » et d'eau distillée plusieurs fois avec les mêmes précautions qu'on suit pour obtenir l'eau de conductibilité. Ces sels pouvaient renfermer des traces de cobalt et de fer comme impuretés gênantes.

L'effet que ces impuretés pouvaient déterminer sur le nombre de magnétons est facile à calculer : si nous appelons x la frac-

[1] *C. R.*, 1913, CLVI, 1674.
[2] *C. R.*, 1913, CLVI, 1836.

tion d'impureté contenue dans un gramme du sel, nous aurons pour la susceptibilité apparente de ce dernier

$$\chi'_{\text{ap Ni}} = x\chi_i + (1 - x)\chi_{\text{Ni}}.$$

Or, dans tous les cas

$$\chi = C\frac{n^2}{M}$$

dont M représente le poids moléculaire, C une constante, de façon que

$$x\left(\frac{n^2_i}{M_i} - \frac{n^2_{\text{Ni}}}{M_{\text{Ni}}}\right) = 2\frac{n}{M_{\text{Ni}}}\delta n$$

La quantité nécessaire de Co ou de Fe, pour produire une augmentation de 0,1 dans le nombre de magnétons est $x = 0{,}0076$.

Pour vérifier si ces métaux se trouvaient dans les sels essayés en quantité suffisante pour perturber nos résultats nous avons pratiqué les essais suivants :

I. La solution concentrée de sel de nickel rendue légèrement acétique et additionnée d'un excès de sulfocyanate d'ammonium fut agitée avec un mélange d'alcool amylique et éther (1 : 10). La couche surnageante, séparée du reste, se décolora complètement par addition de 2-3 cc. de solution concentrée d'acétate d'ammonium et de 2-3 gouttes d'acide tartrique (50 %) confirmant ainsi l'*absence* de cobalt.

II. 70 gr. de sel de nickel dissous dans l'eau furent additionnés d'ammoniaque, de chlorure d'ammonium et de sulfure d'ammonium. Le précipité, après lavage, fut mis en digestion dans l'acide chlorhydrique (10 %) à froid et pendant plusieurs heures, on filtra, concentra le liquide et peroxyda avec NO_3H, recherchant le fer au moyen du ferrocyanure et du sulfocyanure et éther. Le résultat fut négatif, comme pour le cobalt.

Ces résultats furent vérifiés en faisant des spectogrammes de quelques solutions au moyen du grand spectographe Hilger (modèle C) existant au Laboratoire.

Les solutions furent toujours préparées par pesée. La teneur en nickel fut déterminée électrolytiquement en se servant comme cathode d'une toile de platine ou de cuivre (avec tige de nickel) et comme anode rotatoire d'une spirale en platine

de 2 mm. d'épaisseur. La méthode suivie, différente de celle décrite dans les traités spéciaux, a été appliquée d'une façon tout à fait identique au sulfate, au chlorure et au nitrate de nickel.

On prend une quantité de solution renfermant 0,2 — 0,3 gr. de métal, on ajoute 5 gr. de $SO_4(NH_4)_2$ et 1 gr. de SO_3Na_2 (desséché Merck) on chauffe presque à l'ébullition et on additionne de 10 cm³ d'ammoniaque concentré. On verse la solution chaude, qui ne doit dépasser un volume de 80 cm³, dans un vase à électrolyse, et on fait passer un courant ND_{100} = 1,2-1,4 amp. avec une tension initiale de 2,6 volts, qui monte à la fin jusqu'à 3,2-3,4 volts.

Au bout d'une demi-heure le liquide est presque totalement décoloré et on s'assure de l'absence de nickel au moyen de la diméthylglioxime ; le lavage se fait avec de l'eau bouillie, sans interrompre le courant et jusqu'à ce que l'ampèremètre n'indique plus aucun courant ; il ne faut pas pousser le lavage trop loin car on aurait des pertes en Ni (Hollard). Les dernières eaux de lavage concentrées à 3 cm³ donnent avec 1 cm³ de solution de diméthylglioxime (1 %) et 1 cm³ d'ammoniaque concentré, une coloration rosée plus faible que celle correspondante à une tenue de $\frac{3}{100000}$ de nickel. Si on emploie de l'eau non bouillie dans les lavages on arrive dans les mêmes conditions à une coloration correspondant à une teneur en nickel comprise entre $\frac{6}{100000}$ et $\frac{15}{100000}$.

La cathode après lavage à l'alcool est desséchée à 80-100° pendant 10 minutes. L'anode ne doit pas montrer des traces d'oxyde.

Afin de contrôler l'exactitude de la méthode électrolytique nous avons fait une série de déterminations de Ni par la méthode de Tschugæff-Brunk au moyen du diméthylglioxime [1].

On prend une quantité de solution renfermant 0,05 à 0,10 gr. de Ni, on l'étend avec de l'eau jusqu'à 200 cm³ et on chauffe

[1] Voir Treadwell, *Lehrbuch d. analyt. Chemie* 5e édit. II, 108, et aussi H. Grossmann, *Die Bestimmungsmethoden des Nickels und des Kobalts*, 35, 1913.

à l'ébullition ; on précipite le Ni par une solution alcoolique de diméthylglioxime (1 % ; ayant soin d'ajouter pour chaque partie de métal cinq parties de diméthylglioxime) et on ajoute un peu d'ammoniaque jusqu'à ce que l'odeur soit persistante, on fait bouillir pour expulser l'alcool le plus possible et puis on filtre le précipité rouge à la trompe, dans un creuset de Gooch, on lave avec de l'eau bouillante et dessèche le précipité à 110-120° jusqu'à poids constant (45-60 minutes suffisent). Le poids de l'oxime $p \times 0{,}2031$ donne le Ni.

Les liquides filtrés, concentrés à petit volume, deviennent rosés par suite de traces de nickel. Si on ne chasse pas l'alcool lorsqu'on concentre le liquide on obtient des petits flocons rouges. On peut juger des résultats obtenus avec cette méthode par l'exemple suivant d'une solution de nitrate de nickel.

Gr. de solution	Gr. de Ni-oxime	$(NO_3)_2Ni$ %	Δ
0.9484	0.3710	24.734	+ 0.015
1.0338	0.4032	24.718	− 0.001
1.1266	0.4402	24.707	− 0.012
		Moyenne : 24.719	± 0,009

L'erreur est donc très inférieure à 1 ‰ $\left(\text{près de } \frac{1}{2500}\right)$. Nous avons déterminé aussi le Ni dans une solution de sulfate au moyen de la méthode électrolytique et de la diméthylglioxime, employant dans la première des cathodes en platine et en cuivre ; voici les résultats :

Méthode	Gr. de solut.	Gr. de Ni	SO_4Ni %	Δ
Electrolyt. cat. Pt	3.350	0.2800	22.035	− 0.010
» » Pt	4.469	0.3740	22.061	+ 0.016
» » Cu	4.641	0.3880	22.040	− 0.005
Dimethylglioxim.	1.1766	0.0988	22.045	± 0.000
			Moyenne : 22.045	± 0.008 $\left(\frac{1}{2750}\right)$

L'accord est donc parfait malgré les traces de Ni qui passent dans les liquides de lavage. Cette perte est tout à fait négli-

geable. Les résultats obtenus par la méthode de la diméthylglioxime sont aussi exacts que ceux fournis par l'électrolyse et la durée de l'opération n'est guère plus longue [1].

3. Les tableaux suivants montrent les résultats obtenus avec les sels étudiés :

Dissolutions de SO_4Ni

m	T_s	T_{aq}	Δ_s	Δ_{aq}	$\chi_c \cdot 10^5$	$\chi_{Ni}^{(a)} \cdot 10^5$	C_{Ni}	n
	°	°	mm	mm				
0.00950	298.09	298.15	− 1.1155	− 1.8033	435.9	439.8	1.311	16.09
0.01967	297.68	297.92	− 0.4001	− 1.8309	431.2	435.2	1.295	16.00
0.05467	294.55	294.19	+ 2.1899	− 1.8197	437.5	441.4	1.300	16.03
0.07174	297.46	298.24	+ 3.4499	− 1.8161	439.0	442.9	1.317	16.14
0.17406	298.03	298.12	+10.8696	− 1.8237	434.2	438.1	1.306	16.06
0.17715	294.24	293.93	+11.2583	− 1.8124	442.2	446.0	1.312	16.10
0.17715	287.98	293.93	+11.5485	− 1.8124	452.1	455.9	1.313	16.11
0.21750	293.35	292.54	+13.9320	− 1.8212	431.5	435.4	1.277	15.89
0.22040	293.35	292.90	+14.7254	− 1.8212	447.7	451.7	1.325	16.18
						Moyenne :	1.306	16.07

Dissolutions de Cl_2Ni

m	T_s	T^{bv}	Δ_s	Δ_{aq}	$\chi_c \cdot 10^5$	$\chi_{Ni}^{(a)} \cdot 10^5$	C_{Ni}	n
	°	°	mm	mm				
0.02208	291.09	291.21	+ 0.1193	− 1.8228	440,5	444.7	1.294	16.00
0.08355	291.18	290.98	+ 5.4644	− 1.8208	437.0	441.2	1.285	15.94
0.15840	293.59	293.76	+12.1617	− 1.8274	441.2	445.4	1.308	16.08
0.23760	290.38	290.40	+19.724	− 1.8279	452.6	456.5	1.325	16.19
0.34630	291.12	290.15	+28.602	− 1.8288	438.5	442.5	1.288	15.96
						Moyenne :	1.300	16.03

Dissolutions de $(NO_3)_2Ni$

m	T_s	T_{aq}	Δ_s	Δ_{aq}	$\chi_c \cdot 10^5$	$\chi_{Ni}^{(a)} \cdot 10^5$	C_{Ni}	n
	°	°	mm	mm				
0.01805	292.23	292.04	− 0.6915	− 1.8196	438.2	442.1	1.294	16.00
0.04515	292.42	292.69	+ 1.0127	− 1.8200	439.9	443.7	1.297	16.01
0.12190	292.20	292.46	+ 5.9163	− 1.8289	443.4	447.2	1.307	16.07
0.24700	292.61	292.04	+13.6608	− 1.8196	439.7	443.5	1.299	16.02
						Moyenne :	1.299	16.02

[1] Voir Treadwell, *loc. cit.* et Grossmann, *ibid.*, 35 et 131.

Par analogie avec ce que nous avons fait dans les sels de fer, nous avons aussi mesuré un sel complexe de nickel dans lequel on ne pouvait pas reconnaître le métal à l'état de cathion. C'était le cyanure de nickel et de potassium. On a mesuré la solution presque saturée dans l'eau de 15°, avec une teneur en sel de 128,47 gr. par kg. avec le résultat suivant :

$$\chi_c^{(m)} = -1.77 \times 10^{-4}$$

le sel étant diamagnétique nous nous sommes dispensés d'essayer des solutions plus diluées, tenant compte des résultats obtenus auparavant avec le ferrocyanure de potassium [1].

Avant de tirer des conséquences des nombres obtenus, il faut étudier les causes d'erreur possibles. Nous n'ajouterons rien à ce qui a été dit dans des travaux précédents à propos des mesures de dénivellation ; ces erreurs ne dépassent jamais quelques millièmes. Cette affirmation paraît tout d'abord en contradiction avec les différences que l'on observe dans la colonne Δ_{aq}, mais il faut avertir que dans les tableaux précédents, de même que dans ceux publiés dans les travaux antérieurs, les mesures n'ont pas été ordonnées chronologiquement, mais par la concentration du sel dissous ; ainsi pour les solutions de SO_4Ni, nous avons des mesures faites aux mois de juillet et novembre de 1913 et au mois de février de 1914. Or pendant ce temps la position du microscope qui vise le ménisque et l'inclinaison de la vis qui mesure la dénivellation ont certainement changé ; ces déplacements expliquent les différences trouvées, d'autant plus que nous n'avons pas pris de précautions spéciales pour assurer la constance de la position du microscope et la verticalité de la vis.

Afin de déterminer l'erreur qui pourrait être introduite par un changement de la température du liquide soumis au champ, pendant la mesure, nous avons fait une série d'expériences dans lesquelles on avait des changements de température très

[1] Nous devons remarquer ici que dans le mémoire précédent (*Archives* 1913, XXXVI, 516) on a écrit pour les susceptibilités du $Fe(CN)_6K_2$ les valeurs $\chi_c^{(m)} = n \cdot 10^{-7}$, devant être $n \cdot 10^{-4}$.

[2] *An. Soc. Esp. de Fis. y Quim.* XI, 398 (1913); *Archives*, 1913, XXXVI, 502.

rapides, avec la solution correspondant à 0.01584 gr. de Cl_2Ni. Les résultats obtenus sont les suivants :

Lect. du pont	Temp.	Δ_s	C_{Ni}
28.40 28.46	20°,39	12.160	1.308
28.59 28.84		12.165	
28.90 29.34		12.156	
26.90 25.33	19°,65	12.218	1.305
26.20 23.59	19°,22	12.225	1.310
23.00 21.33	18°,24	12.288	1.309

On voit donc que malgré les conditions exceptionnelles de l'expérience les erreurs ne dépassent pas le 4 ‰.

Si l'on considère que les autres causes d'erreur qui entrent en jeu dans les mesures magnétiques sont moins importantes que celles que nous venons de mentionner et ce que nous avons dit auparavant à propos de l'exactitude de la méthode analytique, on conçoit aisément que les différences existantes entre les valeurs de C_{Ni} pour les différentes solutions d'un même sel, qui atteignent quelquefois 3 %, sont dues au défaut d'identité des liquides étudiés magnétiquement et par l'analyse. L'origine de cette anomalie, nous croyons la trouver dans l'incomplète élimination des premières portions de solution qui ont servi à remplacer l'eau de l'appareil ; cette influence serait d'autant plus importante que les solutions seront plus concentrées et l'expérience est d'accord avec cette manière de voir, car les plus grands écarts correspondent à celles-ci.

L'application de cette discussion d'ordre général, à chacune des dissolutions étudiées nous mène à considérer comme plus exactes les mesures dans des solutions diluées (exception faite pour la première de SO_4Ni dans laquelle l'erreur commise dans la mesure magnétique est deux fois plus grande dans le résul-

tat), spécialement celles qui contiennent 0,0126 et 0,05469 de SO_4Ni ; 0,02208 de Cl_2Ni et 0,01805, 0,04515 de $(NO_3)_2Ni$ pour lesquelles une erreur initiale de 1 % dans la mesure magnétique vient réduire à 0,3 % ; 0,5 % ; 0,5 % ; 0,06 % et 0,3 % respectivement dans les valeurs de C_{Ni}.

5. L'ensemble des déterminations faites, vient confirmer, d'accord avec les résultats de Koenigsberger mentionnés auparavant, que la loi de Wiedemann est applicable dans tous les cas, puisque le léger accroissement qui paraît exister dans les valeurs de C_{Ni} quand la concentration augmente est inférieure aux erreurs expérimentales et pourrait peut-être provenir de la dissociation du sel.

En effet, Pascal[1] a démontré que la susceptibilité moléculaire d'un sel est la somme des susceptibilités correspondant aux différents atomes plus un facteur de correction qui dépend de la constitution moléculaire. En calculant C_{Ni} nous avons négligé ce terme (duquel nous ignorons la valeur), son influence ne peut pas être la même pour les différentes concentrations puisque, le sel se dissolvant ce terme doit s'annuler ; il suffirait qu'il soit négatif, ce qui n'est pas opposé aux faits connus, pour déterminer une variation dans le sens indiqué.

Pour interpréter cette question il est nécessaire d'essayer les sels d'un métal paramagnétique avec un nombre de magnétons inférieur à celui du nickel. Le cuivre serait peut-être le plus indiqué ; dans celui-ci Meslin[2] déjà a obtenu une variation pour le SO_4Cu qui ne s'explique pas aisément par la voie chimique.

Il n'est pas risqué d'affirmer que dans les trois sels SO_4Ni, Cl_2Ni et $(NO_3)_2Ni$ et probablement dans tous ceux qui renferment lécation Ni, le nombre de magnétons est constant et égal à 16,0, n'importe la concentration et peut-être même dans le sel solide, d'après les résultats de W. Finke.

6. En admettant l'invariabilité du nombre de magnétons dans toutes les dissolutions de Ni, les sels étudiés fournissent des solutions pour lesquelles la susceptibilité varie dans de larges limites et dont on peut calculer facilement la valeur

[1] *Ann. Chim. et Phys.*, 1910, [8] XIX, 5.
[2] *C. R.*, CXL., 329.

absolue. Le sel le plus convenable est le chlorure, à cause de sa grande solubilité, et en employant la formule

$$\chi = [33.91m - 0.719(1 - m)] \cdot 10^{-6} - 11.7m(t - 20^\circ) \cdot 10^{-8}$$

on obtient la valeur de χ dans une dissolution contenant m gr. par gr., à la température t (qui doit être voisine de 20°). Nous croyons que l'erreur est inférieure au 5 ‰ pour la valeur de χ.

Lorsqu'on ne tient pas à dépasser une précision de 1 % dans la mesure, les valeurs de m pourront être déduites de la quantité de sel dissous. Pour avoir une plus grande précision, qui peut atteindre 1 ‰ dans les dissolutions concentrées on peut calculer la valeur de m d'après la formule[1]

$$m = 1.0547(D_s - D_{aq})_{15^\circ} - 0.551\,D_s - D_{aq})^2_{15^\circ}$$

dans laquelle D_s et D_{aq} sont les densités de la dissolution et de l'eau obtenues avec une erreur qui n'affecte pas la quatrième décimale et en supposant dans les deux cas qu'on a opéré avec des produits purs (Merck ou Kahlbaum) exempts de cobalt.

Madrid. Laboratoire de recherches physiques,
février 1914.

[1] Cette formule a été déduite d'un ensemble de déterminations encore inédites.

LA NATURE DES RAYONS X[1]

PAR

Augusto RIGHI

Discours d'inauguration pour le premier Congrès italien de Radiologie qui a eu lieu à Milan le 12 octobre 1913

L'honneur signalé que vous m'avez fait l'année passée, ô Radiologistes Italiens, en m'appelant parmi vous en qualité de Président honoraire de votre nouvelle et déjà florissante Société, m'empêche de me soustraire à l'invitation de commencer vos travaux par une communication scientifique, bien que j'ai conscience d'être tout à fait étranger aux Sciences Biologiques et Médicales, que vous possédez à fond.

N'attendez pas de moi un de ces discours académiques à style recherché qui, à l'époque actuelle, caractérisée par tant de ferveur de recherche scientifique et de progrès, sont à considérer, à mon avis, tout au moins, comme non indispensables. Je préfère traiter quelque question qui puisse vous intéresser, et adopter la forme la plus simple, sacrifiant la beauté et l'élégance des phrases à la clarté et à la concision de mon exposition.

Heureusement, je ne me suis pas trouvé embarrassé dans le choix du sujet à traiter; car, dans ce même champ de recherches, dans lequel a été fait la découverte des rayons merveilleux, que vous employez savamment pour le bien de l'humanité, on a obtenu dans ces derniers mois, je pourrais dire même dans ces dernières semaines, des résultats nouveaux et très importants, qui permettent de soulever en partie le voile de mystère qui nous a caché jusqu'à présent les phénomènes découverts par Röntgen.

En vous rendant compte d'une manière succincte de ces

[1] *Scientia,* 1914, t. XV, 13, p. 1. Reproduit avec l'autorisation de l'auteur et celle de la direction de cette revue.

résultats et des conséquences principales auxquelles ils conduisent relativement à la nature probable des rayons X, il me sera possible de toucher le champ de votre activité, même en restant au dedans des frontières de la Science, à laquelle j'ai consacré toute mon énergie.

Le physicien de Würzburg (à présent de München) s'étant aperçu qu'au voisinage d'un tube à décharges entouré de tout côté de corps opaques, certaines substances, et en particulier celles qui sont phosphorescentes aussi sous l'action de la lumière, devenaient lumineuses, il put annoncer, après des recherches ingénieuses, que du dit tube sortait une radiation nouvelle, douée de quelques-unes des propriétés de la lumière et des rayons cathodiques (de l'existence desquels dépend celle des nouveaux rayons), et plus précisément douée de pouvoir phosphorogénique et photographique, mais ayant comme qualité caractéristique un pouvoir de pénétration énormément plus grand, au point de pouvoir traverser toute espèce de substance, jusqu'à une profondenr généralement d'autant plus grande que sa densité est moindre. En peu de temps M. Röntgen put établir que les nouveaux rayons, qu'il appela rayons X, ne pouvaient pas produire les phénomènes principaux de la lumière, comme la réflexion, la réfraction, etc. Enfin il arriva à s'assurer, que les ombres projetées sur des corps phosphorescents ou sur des préparations photographiques avaient des contours, qui démontraient qu'ils sont parfaitement rectilignes, et qu'ils partent directement des points où, à l'intérieur du tube à décharges, les rayons cathodiques sont arrêtés par la paroi, ou par un corps placé exprès pour produire cet effet, c'est-à-dire l'anticathode.

Je n'ai pas à vous rappeler que ces rayons cathodiques fameux, dont l'étude a conduit en peu d'années à des résultats capables de modifier radicalement nos conceptions philosophiques fondamentales, ne sont que les lignes parcourues avec des vitesses vertigineuses par certaines particules appelées électrons, qui sont, pour ainsi dire, les atomes de la substance primordiale inconnue appelée électricité (ou mieux électricité négative), et en même temps, suivant l'opinion désormais unanime, les éléments constitutifs des atomes de la matière. C'est

en eux, et dans leurs mouvements, que résident les causes premières de tous les phénomènes du monde physique.

Il n'est pas nécessaire que je vous parle des effets électriques produits par les rayons X, qui furent découverts simultanément, quelques jours à peine après que la première publication de Röntgen eut paru, par un physicien russe, par un physicien suisse, par un physicien français et par celui qui vous parle en ce moment ; car ces effets n'ont pour vous qu'un intérêt limité, bien qu'ils fournissent le moyen le plus sensible et le plus précis pour étudier les nouveaux rayons. L'existence d'une relation de cause à effet entre l'arrêt des électrons contre l'anticathode et la production des rayons X, apparut bientôt extrêmement probable, d'autant plus que nos théories physique (qui en général méritent plus de confiance que celles qu'on admet sans hésitation dans d'autres sciences) nous avaient déjà appris que toute variation de la vitesse possédée par un corps électrisé fait naître dans l'éther universel une de ces perturbations électromagnétiques qui, lorsqu'elles sont périodiques ou oscillatoires, donnent origine aux ondes de lumière. Les rayons X différeraient donc des rayons lumineux par leur manque de périodicité, et cela expliquerait l'impossibilité de réaliser avec eux certains phénomènes de l'Optique.

Jusqu'à ces derniers temps c'était là l'hypotèse admise généralement. Une hypothèse différente, suivant laquelle nos rayons seraient de nature corpusculaire, n'a pas eu beaucoup de succès. Moins que jamais on pourrait la défendre, après qu'on a connu les faits nouveaux dont je vais vous entretenir, qui portent au contraire à faire admettre une ressemblance encore plus intime entre les rayons X et la lumière.

Mais, même indépendamment de ces faits nouveaux, il faut observer que la supposition du manque de caractère vibratoire pour les rayons X n'est pas nécessaire. Il suffit d'admettre qu'ils aient une longueur d'onde extrêmement petite pour se rendre compte de leurs propriétés. Pour bien l'expliquer, je me servirai d'une analogie qu'on emploie souvent.

Les ondes sonores sont réfléchies régulièrement par un corps de dimensions convenables, comme un mur, une large lame métallique, etc., mais non par un corps de dimensions trop pe-

tites, par exemple un pieu enfoncé verticalement dans le sol. La raison en est que la formation de l'onde réfléchie exige le concours de bon nombre de ces ondes sphériques élémentaires, produites par chaque petite portion du corps frappé par les ondes incidentes ; et il faut pour cela que le corps réfléchissant ait des dimensions d'autant plus grandes, que la longueur d'onde est plus grande elle-même, c'est-à-dire que le son est plus grave. Un son très aigu pourra être réfléchi par un obstacle qui serait trop petit pour donner la réflexion régulière d'un son grave.

Je ne m'arrêterai pas à définir la longueur d'onde, car il suffit d'observer les ondes superficielles qu'on crée en jetant un caillou dans une eau tranquille, pour en avoir une idée. De même que ces ondes ne sont que des anneaux alternativement en relief et creusés, les ondes sonores dans l'air sont des couches sphériques dans lesquelles l'air est alternativement un peu comprimé ou un peu raréfié. Et tandis que, dans le cas de l'eau, la longueur d'onde est la distance entre deux anneaux successifs relevés ou creusés, la longueur d'onde, dans le cas du son, est la distance entre deux couches comprimées ou raréfiées successives.

Or, la longueur d'onde pour les sons perceptibles va de quelques millimètres jusqu'à plus de vingt mètres, tandis que les longueurs d'onde pour les vibrations de la lumière sont si petites, qu'on les exprime commodément en dix-millièmes de millimètre. Il s'ensuit que, pour que la réflexion régulière de la lumière n'ait plus lieu, il faudra que le corps frappé par elle ait des dimensions très petites.

Effectivement, toute trace de propagation rectiligne de la lumière disparaît, lorsqu'on fait intervenir dans les phénomènes optiques des sources lumineuses très petites, des corps opaques très déliés, ou des ouvertures très étroites. Dans ces circonstances se présentent les phénomènes dits de *diffraction,* dont l'étude a grandement aidé à éclairer la nature ondulatoire de la lumière. Il ne s'agit pas ici de découvertes récentes, car le premier fait de diffraction a été observé à Bologne, il y a deux siècles et demi, par le moine Grimaldi.

D'une façon analogue il suffira d'admettre pour les rayons

X des longueurs d'onde beaucoup plus petites encore que celles des rayons de lumière, pour comprendre que, vu qu'il n'est plus permis de faire abstraction des intervalles existant entre molécule et molécule, chacune de celles-ci agit d'une manière indépendante et, à cause de ses dimensions très petites, ne peut pas donner lieu à la réflexion, mais seulement à la diffraction.

Quelques physiciens avaient essayé d'obtenir, non sans quelques indices de succès qu'aujourd'hui on peut mieux apprécier, un phénomène de diffraction, en faisant passer les rayons X par des fentes extrêmement étroites. Mais une expérience faite à München par les physiciens Laue, Friedrich et Knipping, bientôt répétée, complétée et discutée par d'autres, enlève toute incertitude sur le caractère vibratoire des dits rayons.

Bien que de grande importance pour les conséquences auxquelles elle conduit, cette expérience est en elle-même très simple, et serait probablement considérée comme une curiosité sans importance par ceux qui ne savent pas s'en rendre compte ; ce qui souvent a lieu dans les cas semblables. Peu de mots pourront me suffire pour en faire une description telle que ceux qui en auraient le désir puissent la répéter.

Un certain nombre de lames de plomb parallèles protègent contre l'action des rayons X, provenant d'un des tubes usuels qui les produisent, un petit corps à structure cristalline, par exemple le sel gemme, le limpide minéral que les recherches classiques de Melloni ont rendu célèbre. Tous ces diaphragmes portent un trou très petit; et comme les trous ont été bien placés en ligne droite, un faisceau très mince de rayons arrive au cristal.

A quelque distance on place une plaque photographique, de manière qu'elle aussi soit protégée par les lames de plomb. Elle est entourée de papier noir pour un motif évident.

Après quelques heures de pose, on trouve sur la plaque, traitée par les révélateurs et fixateurs ordinaires, non seulement une tache noire due à l'action directe du faisceau de rayons X, si celui-ci rencontrait la plaque, mais un certain nombre d'autres taches d'intensités différentes, distribuées d'une manière régulière correspondant aux symétries de structure du cristal. C'est à peu près comme si, au lieu des rayons X,

on employait des rayons lumineux, et que ceux-ci rencontrassent un diamant, produisant par ses nombreuses facettes divers faisceaux réfléchis.

Cette expérience et d'autres analogues, bien étudiées, ont fait comprendre qu'elles sont dues à la diffraction et qu'elles constituent un phénomène beaucoup plus complexe que celui que présentent nos réseaux, car les éléments actifs sont distribués dans l'espace au lieu de l'être sur une surface.

Malgré cette complication, et grâce encore à l'emploi de quelques analogies, j'espère arriver à vous en donner tout de suite une idée assez claire. Mon exposition vous paraîtra peut-être trop banale et trop au-dessous du niveau de vos connaissances scientifiques ; mais j'espère que vous me pardonnerez en tenant compte seulement de mon honnête intention, qui est de vous épargner l'ennui d'une attention trop soutenue.

J'ai déjà dit qu'un simple pieu vertical ne donne pas d'une manière sensible la réflexion d'un son ; une palissade, au contraire, peut très bien produire un écho. Eh bien, considérons un cas intermédiaire, et plus précisément un grand nombre de pieux bien alignés, mais espacés. Chacun d'eux, lorsque les ondes sonores arrivent sur lui, devient l'origine d'ondes secondaires, qui se propagent dans tous les sens. Si les distances qui séparent les pieux étaient nulles, l'ensemble de ces ondes élémentaires formerait des ondes réfléchies. L'existence des intervalles entre les pieux fait manquer les ondes que donneraient les pieux absents, et si les dits intervalles sont assez petits, le résultat final est à peu près une simple diminution d'intensité de l'onde réfléchie. A la rigueur, outre cette onde pseudo-réfléchie, on vérifie qu'il y a une propagation de son dans certaines autres directions ; mais cela a peu d'importance. Ainsi on peut dire que la file de pieux, pourvus qu'ils ne soient pas trop distancés entre eux, imite l'effet de la palissade.

Supposons à présent que, derrière la file de pieux considérée, il y en ait d'autres parallèles à la première et à des distances successives égales. Ces nouvelles files de pieux donneront origine elles aussi à des ondes réfléchies, et toutes ces ondes se propageront suivant une même direction, celle qui est définie par les lois connues de la réflexion. Si elles arrivent à l'oreille

d'un observateur, celui-ci aura la perception du son qu'elles propagent.

Nous sommes arrivés au point le plus délicat de notre explication. Il faut se persuader que l'intensité de la perception sonore dépend de la distance qui sépare une file de pieux de la file suivante.

A cet effet il faut considérer que les ondes réfléchies par les différentes rangées de pieux se propagent dans une même direction, mais qu'elles atteignent l'oreille de l'observateur à des époques différentes, car celles qui viennent d'une des rangées arrivent après celles qui partent de la rangées successive plus proche de l'observateur, et avant celles qui sont réfléchies par par les rangées plus éloignées. L'intervalle de temps qui sépare l'arrivée des ondes réfléchies produites par deux rangées successives, mais correspondant à une même onde incidente, dépend évidemment de la distance d'une file à l'autre, à parité de direction des ondes qui arrivent, ou ondes incidentes.

Cela étant établi, supposons que, par hasard, cet intervalle de temps soit égal à la moitié de la durée de chaque vibration sonore. Les ondes réfléchies par deux rangées successives de pieux devront alors s'entre-détruire, c'est-à-dire qu'il y aura interférence. En effet si, à un certain moment, l'un des deux trains d'ondes porte à l'oreille de l'observateur une compression d'air, l'autre y produira une raréfaction, et réciproquement. Mais si le dit intervalle de temps est égal à la durée entière de chaque vibration du corps sonore (ou bien à un de ses multiples), les ondes réfléchies par toutes les rangées de pieux arriveront à l'observateur avec des phases concordantes et leurs effets s'ajouteront. On comprend ainsi que, lorsque la réflexion a lieu avec l'intensité maximum, il existe une relation connue entre les distances d'une rangée à l'autre et la longueur d'onde.

Tout cela est aussi applicable, en substance, aux ondes lumineuses et même aux rayons X, si on en admet la nature vibratoire (comme elle découle précisément de l'expérience qui nous occupe). Aux pieux de l'expérience acoustique nous supposerons substitués les éléments constitutifs du corps cristallisé.

On sait depuis longtemps que, pour expliquer les propriétés

physique et l'admirable architecture des cristaux, il faut supposer que leurs molécules sont distribuées d'une manière très régulière. Pour rester dans le cas le plus simple, qui est précisément le cas du sel gemme, il faut attribuer aux molécules une distribution dans l'espace qu'on pourrait appeler cubique, et que nous pourrons facilement concevoir grâce à l'artifice suivant.

Supposons un grand nombre de dés égaux entre eux, et disposons-en un certain nombre sur une table, en les plaçant les uns près des autres de manière à ne pas laisser d'intervalles, et à former ainsi une espèce d'échiquier. Sur chacun de ces dés plaçons un autre dé, et formons ainsi une deuxième couche, qui occupera la place où serait portée la première si on la déplaçait verticalement. Construisons enfin d'une manière semblable d'autres couches successives. Si, supposant que les dés disparaissent tout à coup, on imagine une molécule placée sur chaque point de l'espace où se trouvaient les sommets des dés, nous aurons réalisé la structure régulière de notre cristal.

On pourra aussi admettre, et ce sera même préférable suivant M. W. L. Bragg, que dans chacun des points considérés il y a, non pas une molécule, mais simplement un atome, de chlore ou de sodium pour le cas du sel gemme, de manière que les atomes des deux espèces soient alternés suivant les directions des arêtes des dés et suivant celles de leurs diagonales.

L'expérience que nous avons décrite s'explique bien (et on ne voit pas comment on pourrait l'expliquer d'une autre manière), si l'on admet la nature vibratoire des rayons X. C'est en ce sens qu'on peut dire que cette conclusion est démontrée par la dite expérience. Voici de quelle manière.

Par rapport aux ondes très courtes auxquelles les rayons X sont dûs, les molécules ou les atomes distribués dans l'espace de la manière qu'on vient de décrire, se comporteront comme les pieux de l'expérience sonore hypothétique. Toutes les particules situées dans un même plan, et celles qui se trouvent sur des plans parallèles au premier, produiront la réflexion des rayons et donneront origine à une image sur la plaque photographique, si l'inclinaison des rayons incidents et les distances entre les dits plans ont des valeurs telles, qu'on ait un accord entre les phases des ondes réfléchies.

Si le faisceau de rayons employés n'est pas homogène, si par exemple il se compose, comme la lumière blanche, d'un très grand nombre de rayons de différentes longueurs d'onde, on pourra obtenir nombre d'images. Mais même avec une longueur d'onde unique on en aura un certain nombre, parce que de mille manières on peut concevoir des systèmes de plans équidistants, sur lesquels soient réparties les molécules du cristal. Les orientations possibles pour ces plans sont, suivant les lois cristallographiques, celles des faces possibles du cristal. Toutefois on n'aura d'images assez visibles que par les systèmes de plans tels, que les molécules ne soient pas trop espacées sur eux.

Grâce à des recherches faites dans d'autres champs de la physique, on connaît avec quelque approximation les distances intermoléculaires et, par exemple, pour le cas du sel gemme on peut admettre qu'il y a environ trois millions de molécules équidistantes sur la longueur d'un millimètre. L'expérience décrite permettra alors une évaluation de la longueur d'onde, et on trouvera que pour les rayons X elle est, en moyenne, mille fois plus petite que pour les rayons visibles.

Comme on parle d'un spectre de la lumière, on pourra parler d'un spectre des rayons X, qui peuvent être considérés comme des rayons ultra-ultraviolets. On pourra dire, par exemple, qu'un tube à anticathode de platine donne un spectre analogue à celui de la lumière blanche, avec certaines raies plus marquées. Cela exprimera, que des rayons X sont émis ayant des longueurs d'onde variées et, par conséquent, ayant différents pouvoirs de pénétration, et que certains de ces rayons, ayant certaines longueurs d'onde, possèdent une intensité particulièrement grande. Ces rayons sont caractéristiques pour le platine, tandis que d'autres rayons caractérisent d'autres corps. Ainsi une anticathode de rodium émet surtout des rayons de deux longueurs d'onde peu différentes entre elles, pour l'une desquelles l'intensité est beaucoup plus grande que pour l'autre.

Dans beaucoup de cas l'affinité intime existant entre les rayons X et les rayons lumineux pourra être utile pour la discussion de certaines expériences, et en particulier pour celles où il y a absorption, ce qui est le cas, par exemple, de la lame

d'aluminium que vous employez si souvent pour arrêter les rayons moins pénétrants. Ces rayons pourraient endommager la peau beaucoup plus gravement et plus profondément qu'une journée entière de soleil sur les Alpes. La lame agit comme un verre bleu placé sur le chemin de la lumière blanche. Mais lorsqu'on emploie ces analogies il ne faut pas oublier que, tandis que dans les expériences d'optique ont fait généralement usage de milieux parfaitement limpides et transparents, tous les corps se comportent par rapport aux rayons X comme des milieux troubles, car chacune de leurs molécules renvoie des rayons dans toutes les directions, souvent avec changement de longueur d'onde et de pouvoir pénétrant.

La nature des rayons découverts par Röntgen ne peut donc plus s'appeler mystérieuse. Lorsque vous dirigez les rayons provenant de l'anticathode de vos puissants tubes dans le corps d'un homme, c'est, on peut dire, un faisceau de lumière invisible que vous envoyez sur les plaques sensibles ou phosphorescentes, pour étudier dans leurs ombres les parties les plus inaccessibles du corps humain. Et lorsque vous portez l'action bienfaisante des rayons sur des organes malades pour combattre le mal dans son siège profond, c'est, d'une certaine manière, une cure de lumière que vous pratiquez.

Tout cela, bien entendu, est une probabilité et non la certitude, qui peut-être ne pourra jamais être atteinte par l'homme. Mais l'hypothèse, suivant laquelle les rayons X ont la même nature que les rayons lumineux, et sont ainsi une manifestation d'ondes électromagnétiques se propageant dans l'éther, est la conséquence la plus logique qu'on puisse tirer des faits nouveaux. Son utilité est incontestable, car elle pourra servir de guide pour des recherches nouvelles et même conduire ainsi à des résultats importants.

Et vous, qui avez si souvent l'occasion d'employer les rayons de Röntgen, vous serez peut-être à même de déceler des modalités nouvelle de leurs manifestations. Votre Société, à laquelle un avenir glorieux ne peut faire défaut au profit de l'art de rendre la santé, aura alors hautement mérité aussi, je l'espère et je le souhaite de tout mon cœur, de la Science que j'aime par-dessus tout.

NOTE

SUR UNE

CURIEUSE APPARENCE DE L'ŒIL

FRAPPÉ DANS L'OBSCURITÉ

PAR UN

FAISCEAU INTENSE DE RAYONS ULTRA-VIOLETS

PAR

Gustave MICHAUD et **J. Fidel TRISTAN**

Professeurs à l'Ecole normale de Costa Rica

Dans la séance du 4 juin 1913 de la Société vaudoise des Sciences naturelles, M. le professeur Bugnion, au cours d'une intéressante étude sur les yeux des insectes nocturnes, a émis l'hypothèse suivante :

« Peut-être pourrait-on supposer que certains rayons obscurs sont, par l'effet d'une action chimique, transformés en rayons visibles au moment où ils sont réfléchis au fond de l'œil ? Le fait est que les yeux des animaux nocturnes (mammifères ou insectes) donnent dans de certaines circonstances une luminosité très belle, alors que la lampe qui les éclaire ne paraît briller que faiblement. Cette dernière explication est toutefois difficilement admissible ».

Nous avons eu, il y a quelques jours, l'occasion d'observer incidemment un fait qui, s'il ne confirme pas positivement cette hypothèse, milite néanmoins en sa faveur : Si l'on examine l'œil d'un chat à la lumière du jour, on remarque que *la pupille se détache toujours en noir sur le fond clair et généralement verdâtre de l'iris;* les variations d'intensité de l'éclairage n'affectant que la dimension et la forme de la pupille. Si maintenant

on répète cette observation dans une chambre complètement obscure, en faisant tomber sur l'œil du chat un faisceau de lumière solaire directe filtrée à travers le filtre Uviol, de Zeiss, on remarque que *la pupille se détache en vert lumineux sur le fond noir violacé de l'iris*. L'inversion ne pourrait guère être plus complète. Nous avons répété cette expérience, avec les mêmes résultats, sur un chien et sur l'un de nous. La lumière émise par la pupille a été, dans chaque cas, de couleur nettement verte. Il nous a paru que celle qui s'échappait de la pupille humaine était la plus intense des trois, mais nous n'avons pas osé prolonger cette dernière expérience au delà de quelques secondes.

Cette curieuse apparence de l'œil observé en lumière ultra-violette est probablement causée : premièrement par la fluorescence de l'un des milieux internes de l'œil, peut-être le pourpre rétinien, et deuxièmement par une très forte absorption de l'ultra-violet par l'iris, dont le pigment joue, dans ce cas, vis-à-vis de l'ultra-violet, le rôle protecteur que joue le pigment de la peau. Nous avons en effet démontré ailleurs[1] que si l'on photographie avec un objectif de quartz argenté un blanc, un nègre et un indien, il n'y a pas de différence appréciable dans l'absorption pratiquée par les peaux blanche, noire et rouge sur l'ultra-violet compris entre 3160 et 3260 U. A. le blanc apparaissant dans la photographie aussi noir que le nègre et l'indien.

Le filtre Uviol, de Zeiss, se compose d'une cellule de verre Uviol disposée de telle manière que la lumière doive traverser, outre le verre Uviol, une solution de sulfate de cuivre et un pellicule coloré par de la nitrosodiméthylaniline, substance qui détient la plus grande partie du violet visible. Il est très utile, bien que pas indispensable, pour cette expérience, de demeurer un quart d'heure dans la chambre noire avant de commencer les observations. L'adaptation rétinienne, efficace surtout pour les courtes longueurs d'onde, permet alors de percevoir facilement les premières radiations ultra-violettes intenses admises par la nitrosodiméthylaniline.

[1] Black and white men in invisible light. *Scientific American*, 27 juillet 1912.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1913

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

Raoul GAUTIER

Directeur de l'Observatoire de Genève

I. Introduction

L'année 1913 a présenté, dans l'ensemble, des caractères assez semblables à ceux de l'année 1912 : une faible amplitude annuelle de la température, résultant d'un hiver trop chaud et d'un été trop froid. La seule différence réside dans le fait qu'en 1912 le déficit de température a été maximum en automne, tandis qu'en 1913 il s'est manifesté en été, et que l'automne a été chaud. La température moyenne de 1913 dépasse de ce fait sensiblement la normale. Comme humidité, les deux années consécutives se ressemblent aussi : elles sont toutes deux un peu trop pluvieuses mais elles le sont cependant beaucoup moins que 1910, surtout à Genève. Les pages suivantes, avec les tableaux qu'elles contiennent, sont destinées à donner une idées des caractères climatologiques de l'années 1913.

Il n'y a à signaler cette année aucun changement, ni dans la publication des tableaux météorologiques mensuels, ni dans celle du résumé annuel. Tous les tableaux de celui-ci contiennent *treize* mois, de décembre 1912 à décembre 1913, afin que les moyennes annuelles correspondent à la fois à l'*année météorologique* et à l'*année civile*. Seul le tableau V, fournissant

les températures de cinq en cinq jours à Genève, n'est établi que pour l'année civile.

L'ordre des matières traitées dans ce résumé reste le même que dans ceux qui l'ont précédé. Après quelques indications de portée générale, les différents éléments météorologiques sont passés en revue dans l'ordre accoutumé : *température, pression atmosphérique, humidité de l'air, vent, pluie* et *neige*, *nébulosité* et *durée d'insolation*, cette dernière pour Genève seulement.

A l'*observatoire de Genève*, les observations météorologiques directes se font toujours de trois en trois heures, à partir de 7 h. du matin et jusqu'à 10 h. du soir. Les instruments enregistreurs fournissent en outre les valeurs de la plupart des éléments météorologiques à 1 h. et 4 à h. du matin. Les moyennes diurnes de ces éléments-là reposent donc sur *huit* observations trihoraires. L'observation supplémentaire de 9 h. du soir a été utilisée, avec celles de 7 h. du matin et de 1 h. du soir, pour obtenir des moyennes spéciales de la température qui soient directement comparables à celles du *Grand Saint-Bernard*, où les observations ne se font plus qu'à ces trois heures-là depuis 1902, comme dans toutes les autres stations de la Suisse.

Les *valeurs normales* des différents éléments météorologiques sont empruntés, pour *Genève,* aux « Nouvelles études sur le climat de Genève », d'Emile Plantamour, où étaient utilisées toutes les observations faites jusqu'en 1875. Pour le *Grand Saint-Bernard*, les valeurs normales sont fournies par les moyennes des 27 années, 1841-1867, calculées aussi par Plantamour.

Les tableaux mensuels des observations météorologiques faites à l'observatoire de Genève et au Grand Saint-Bernard et publiés dans les *Archives* sont établis chaque mois à l'observatoire par M. Jules Marmet, sous la direction de M. Emile Schær, astronome adjoint ; les tableaux de ce résumé-ci ont été préparés par M. Ernest Rod.

Les observations ont toutes été faites à l'HEURE LOCALE, seule indiquée. Pour la transformer en temps moyen de l'Europe centrale, il faut ajouter 35 minutes aux instants des observations de Genève et 30 minutes pour le Grand Saint-Bernard.

I. Température. GENÈVE. 1913.

Période	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1912.	+ 0.42	− 0.11	+ 0.01	+ 1.41	+ 3.71	+ 3.71	+ 2.46	+ 1.23	+ 1.61	− 1.72	+ 5.31
Janv. 1913	2.14	+ 2.05	+ 2.12	3.16	4.47	4.37	3.48	3.02	3.10	+ 0.70	5.78
Février . .	0.40	− 0.37	− 0.60	1.66	3.97	4.97	3.16	1.33	1.82	− 1.55	6.08
Mars . . .	4.93	+ 4.05	+ 4.12	7.81	10.24	10.24	8.28	6.73	7.05	+ 2.25	12.07
Avril . . .	6.70	6.01	6.84	9.52	11.85	12.69	10.62	8.82	9.13	5.09	14.24
Mai	9.68	8.27	11.07	13.89	16.32	16.60	14.31	11.91	12.76	7.52	19.26
Juin. . . .	13.21	12.07	15.08	17.90	19.86	20.49	18.28	15.71	16.58	11.17	22.36
Juillet. . .	12.75	11.41	14.21	17.41	19.16	19.44	17.85	15.63	15.98	10.83	21.55
Août . . .	13.50	12.60	14.82	18.20	21.25	21.48	19.46	16.45	17.22	11.79	22.91
Septembre	11.37	10.56	11.75	15.59	17.41	17.84	15.42	13.18	14.14	9.58	18.83
Octobre. .	7.98	7.62	7.79	11.39	13.19	13.47	11.09	9.41	10.28	6.02	14.74
Novembre	6.30	5.95	6.19	8.29	10.21	9.48	8.17	7.04	7.70	+ 4.41	11.22
Décembre.	0.90	0.36	0.58	1.98	3.88	3.29	2.26	1.31	1.82	− 1.50	4.90
Hiver . . .	1.01	0.55	0.55	2.09	4.06	4.34	3.03	1.88	2.19	− 0.83	5.71
Printemps	7.11	6.11	7.35	10.42	12.81	13.18	11.08	9.16	9.65	+ 4.89	15.20
Été	13.15	12.02	14.70	17.84	20.09	20.47	18.53	15.93	16.59	11.26	22.27
Automne .	8.54	8.04	8.57	11.75	13.70	13.60	11.55	9.87	10.70	6.67	14.93
Année mét.	7.48	6.71	7.83	10.57	12.71	12.94	11.09	9.25	9.82	5.53	14.57
» civile	7.53	6.75	7.88	10.62	12.72	12.90	11.07	9.26	9.84	5.55	14.54

II. Température

Les résultats généraux des observations thermométriques sont consignés dans dix tableaux de chiffrés groupés sous cinq rubriques différentes :

1° *Moyennes générales de la température — Écarts*

Le *tableau I* fournit, pour *Genève,* toutes les valeurs moyennes des températures, de trois en trois heures à partir de 1 h. du matin, puis les *températures moyennes des mois, des saisons et de l'année* (météorologique et civile), moyennes des huit moyennes trihoraires, enfin les *minima* et les *maxima* moyens. Les températures des heures de nuit, 1 h. et 4 h. du matin, ont été relevées, comme précédemment, sur les diagrammes du ther-

II. Température. GENÈVE, 1913.

PÉRIODE	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Températ. moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$
	°	°	°	°	°
Décembre 1912	+ 0.01	+ 3.74	+ 1.66	+ 1.80	+ 1.77
Janvier 1913	+ 2.12	4.47	3.28	3.29	3.29
Février	- 0.60	3.97	1.61	1.66	1.65
Mars	+ 4.12	10.24	7.04	7.13	7.11
Avril	6.84	11.85	9.39	9.36	9.37
Mai	11.07	16.32	12.77	13.39	13.23
Juin	15.08	19.86	16.53	17.16	17.00
Juillet	14.21	19.16	16.15	16.51	16.42
Août	14.82	21.25	17.27	17.78	17.65
Septembre	11.75	17.41	13.90	14.35	14.24
Octobre	7.79	13.49	10.04	10.44	10.34
Novembre	6.19	10.21	7.35	7.92	7.78
Décembre	0.58	3.88	1.60	2.02	1.91
Hiver	0.55	4.06	2.20	2.27	2.25
Printemps	7.35	12.81	9.74	9.97	9.91
Eté	14.70	20.09	16.65	17.15	17.03
Automne	8.57	13.70	10.43	10.90	10.78
Année météorolog.	7.83	12.71	9.79	10.11	10.03
» civile	7.88	12.72	9.79	10.13	10.04

mographe Richard, grand modèle, qui a bien fonctionné toute l'année.

Le *tableau II* pour *Genève* et le *tableau III* pour le *Grand Saint-Bernard* donnent les valeurs moyennes des températures des différentes périodes pour les trois observations de 7 h. du matin, 1 h. et 9 h. du soir, puis les températures moyennes des mêmes périodes calculées sur les deux formules employées par l'institut central météorologique suisse : *a*) en prenant la moyenne arithmétique des trois températures moyennes diurnes ; *b*) en attribuant un poids double à l'observation de 9 h. du soir. Ce sont, du reste, ces dernières moyennes qui ont servi pour la comparaisons des deux stations. Le tableau III contient en outre les *minima* et les *maxima* moyens pour la station du Grand Saint-Bernard.

Le *tableau IV* donne les *écarts* entre les températures moyennes des différentes périodes et les valeurs normales. Pour *Genève* il y a deux séries d'écarts, correspondant l'une aux tempéra-

III. — Température. SAINT-BERNARD, 1913.

PÉRIODE	7. h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Températ. moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1912.	- 5.26	- 2.93	- 4.74	- 4.31	- 4.42	- 6.6	- 1.9
Janv. 1913	- 7.72	- 5.95	- 7.54	- 7.07	- 7.19	- 9.3	- 4.9
Février . .	- 8.75	- 5.96	- 8.85	- 7.85	- 8.10	-10.5	- 4.1
Mars . . .	- 5.79	- 2.61	- 5 02	- 4.47	- 4.61	- 6.9	- 1.3
Avril . . .	- 5.60	- 2.32	- 5.11	- 4.34	- 4.53	- 6.7	- 1.3
Mai. . . .	- 1.13	+ 2.50	- 0.71	+ 0.22	- 0.01	- 2.6	+ 4.4
Juin . . .	+ 2.29	5.85	+ 2.62	3.58	+ 3.34	+ 1.1	6.9
Juillet. . .	2.49	6.39	3.50	4.13	3.97	1.7	7.4
Août . . .	4.79	8.32	5.92	6.34	6.24	4.0	9.7
Septembre	1.75	4.00	2.44	2.73	2 66	+ 0.7	5.5
Octobre. .	+ 0.19	+ 2.33	+ 0.70	+ 1.07	+ 0.98	- 0.8	+ 2.8
Novembre	- 3.74	- 1.53	- 3.39	- 2.89	- 3.01	- 5.3	- 0.8
Décembre	- 7.92	- 6.29	- 7.75	- 7.32	- 7.43	-10.2	- 5.1
Hiver. . .	- 7.19	- 4.91	- 6.98	- 6.36	- 6.52	-8.72	-3.63
Printemps	- 4.16	- 0.79	- 3.60	- 2.85	- 3.04	-5.40	+0.61
Été	+ 3.20	+ 6.86	+ 4.03	+ 4.70	+ 4.53	+2.27	+8.01
Automne .	- 0.59	+ 1.61	- 0.08	+ 0.31	+ 0.21	-1.77	+2.47
Ann. mét.	- 2.16	+ 0.72	- 1.63	- 1.03	- 1.18	-3.38	+1.89
» civile	- 2.39	+ 0.44	- 1.89	- 1.28	- 1.43	-3.69	+1.62

IV. Écarts avec les températures normales, 1913.

PÉRIODE	Genève		Grand St-Bernard	Différence entre les deux stations
	Moyenne des 8 obs.	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	
	°	°	°	°
Décembre 1912..	+ 0.81	+ 0.97	+ 3.17	− 2.20
Janvier 1913....	+ 3.18	+ 3.37	+ 1.85	+ 1.52
Février.....	+ 0.22	+ 0.05	+ 0.51	− 0.46
Mars.....	+ 2.45	+ 2.51	+ 2.71	− 0.20
Avril.....	+ 0.16	+ 0.40	− 1.26	+ 1.66
Mai.....	− 0.44	+ 0.03	− 0.52	+ 0.55
Juin.....	− 0.23	+ 0.19	− 0.75	+ 0.94
Juillet.....	− 2.83	− 2.39	− 2.19	− 0.20
Août.....	− 0.69	− 0.26	+ 0.26	− 0.52
Septembre.....	− 0.52	− 0.42	− 0.66	+ 0.24
Octobre.....	+ 0.40	+ 0.46	+ 1.46	− 1.00
Novembre.....	+ 3.15	+ 3.23	+ 2.29	+ 0.94
Décembre.....	+ 1.02	+ 1.11	+ 0.16	+ 0.95
Hiver.....	+ 1.44	+ 1.50	+ 1.88	− 0.38
Printemps.....	+ 0.73	+ 0.99	+ 0.32	+ 0.67
Eté.....	− 1.26	− 0.82	− 0.89	+ 0.07
Automne.....	+ 1.00	+ 1.08	+ 1.03	+ 0.05
Année météorol.	+ 0.47	+ 0.68	+ 0.58	+ 0.10
» civile....	+ 0.49	+ 0.69	+ 0.33	+ 0.36

tures du tableau I et l'autre à celles du tableau II calculées par la deuxième formule. La dernière colonne du tableau IV donne la différence entre les écarts de Genève et du Grand Saint-Bernard, écarts correspondant aux températures calculées d'après cette même formule.

1910 et 1912 avaient été des années à température moyenne à peu près normale, sans extrêmes. 1913 est plus chaud, dans l'ensemble, puisque la moyenne annuelle est de 9°,82 à Genève et de — 1°,03 au St-Bernard, mais les extrêmes sont peu accusés. Aux deux stations, l'hiver, le printemps et l'automne sont trop chauds et l'été est trop froid. La différence avec 1912 s'accuse donc surtout en automne qui avait été très froid cette année-là et qui est chaud en 1913.

A signaler parmi les anomalies mensuelles : 1° Le mois de juillet 1913 a été, à Genève, *le mois de juillet le plus froid de toute la série*, avec 15°,98 seulement et un écart de —2,°83. 2° Le mois de novembre a été très chaud : 7°,70, dépassant la moyenne

de +3°,15 ; ce n'est cependant pas le mois de novembre le plus chaud à Genève, celui de 1895, avec 7°,92 le dépassant encore. 3° Le mois de janvier est aussi chaud, avec 3°,10 et un écart de +3°,18. L'*amplitude annuelle* ne se calcule donc pas, en 1913, sur les mois de juillet et de janvier. Elle se déduit des températures d'août et de décembre 1912 à Genève et d'août et de février au St-Bernard. Elle est de 15°,61 à Genève et de 14°,34 au St-Bernard. L'amplitude moyenne de juillet-janvier est de 18°,89 en bas et de 15,°20 en haut. Les amplitudes annuelles de 1913 sont donc faibles cette année comme en 1910 et en 1912.

La différence entre l'*année civile* et l'*année météorologique* est insensible à Genève, les deux mois de décembre de 1912 et de 1913 ayant été presque également trop chauds. Elle est beaucoup plus forte au St-Bernard où décembre 1913 a été de 3° plus froid que décembre 1912.

2° *Température de cinq en cinq jours à Genève*

Le *tableau V* fournit les températures moyennes par *pentades* et, comme précédemment, pour l'*année civile* seule, du 1er janvier au 31 décembre 1913. A côté des températures figure l'*écart* avec les températures calculées d'après la formule déduite par Plantamour de l'étude des cinquante années de 1826 à 1875. Lorsque l'écart observé dépasse la limite de l'écart probable calculé et constitue ainsi une *anomalie*, le chiffre de l'écart est mis entre parenthèses dans le tableau.

Sur les 73 pentades de l'année, il y en a 40 qui présentent un écart de température positif et 33 qui présentent un écart négatif. Les premières se rencontrent surtout dans les premiers et les derniers mois de l'année ; les autres en juillet et en août. Si l'on se borne aux 38 pentades dont l'écart de température dépasse la limite probable, il y a 24 écarts positifs et 14 négatifs, répartis d'ailleurs de la même façon. Les gros écarts positifs sont en janvier et en novembre, et les gros écarts négatifs en juillet et en août.

La plus longue période de chaleur relative comprend cette année, douze pentades et va du 23 octobre au 21 décembre. La

V. Température de 5 en 5 jours. GENÈVE, 1913.

Date	Température moyen.	Différence avec la normale	Date	Température moyen.	Différence avec la normale
	°	°		°	°
1- 5 Janvier	-0.67	-0.41	30- 4 Juillet	15.93	(-2.35)
6-10 id.	+0.72	+1.04	5- 9 id.	14.75	(-3.79)
11-15 id.	3.60	(+3.90)	10-14 id.	15.29	(-3.44)
16-20 id.	5.65	(+5.85)	15-19 id.	16.20	(-2.65)
21-25 id.	3.78	(+3.81)	20-24 id.	15.77	(-3.13)
26-30 id.	4.59	(+4.38)	25-29 id.	17.64	-1.23
31- 4 Février	6.09	(+5.58)	30- 3 Août	17.42	-1.35
5- 9 id.	1.73	+0.86	4- 8 id.	17.42	-1.17
10-14 id.	+3.04	+1.76	9-13 id.	15.36	(-2.99)
15-19 id.	-0.45	(-2.19)	14-18 id.	14.39	(-3.64)
20-24 id.	-0.02	(-2.25)	19-23 id.	17.37	-0.28
25- 1 Mars	+2.03	-0.73	24-28 id.	19.58	(+2.37)
2- 6 Mars	4.69	+1.37	29- 2 Septemb.	19.28	(+2.58)
7-11 id.	5.32	+1.42	3- 7 id.	17.67	(+1 53)
12-16 id.	9.32	(+4.81)	8-12 id.	15.25	-0 27
17-21 id.	7.49	(+2.36)	13-17 id.	13.38	-1.45
22-26 id.	6.87	+1.10	18-22 id.	11.60	(-2.53)
27-31 id.	9.35	(+2.92)	23-27 id.	12.04	-1.33
1- 5 Avril	7.24	+0.14	28- 2 Octobre	12.63	+0.06
6-10 id.	7.61	-0 18	3- 7 id.	12.54	+0.80
11-15 id.	3.22	(-5.27)	8-12 id.	10 11	-0.77
16-20 id.	9.40	+0.21	13-17 id.	9.20	-0.80
21-25 id.	12.16	(+2.25)	18-22 id.	8.00	-1.11
26-30 id.	15.15	(+4.52)	23-27 id.	10.44	(+2.22)
1- 5 Mai	7.74	(-3.61)	28- 1 Novemb.	10 71	(+2.39)
6-10 id.	10.34	-1.73	2- 6 id.	12.05	(+5.61)
11-15 id.	11.89	-0.89	7-11 id.	7.87	(+2 30)
16-20 id.	12.25	-1.24	12-16 id.	8.41	(+3.67)
21-25 id.	14.00	-0.17	17-21 id.	6.89	(+2.94)
26-30 id.	18.90	(+4.07)	22-26 id.	5.40	(+2.20)
31- 4 Juin	17.72	(+2 26)	27- 1 Décemb.	3.86	+1.35
5- 9 id.	15.33	-0.73	2- 6 id.	3.41	+1.53
10-14 id.	18.20	+1.59	7-11 id.	4.02	(+2.70)
15-19 id.	18.89	(+1.78)	12-16 id.	2.91	+2.07
20-24 id.	15.32	(-2.24)	17-21 id.	+ 0.58	+0.14
25-29 id.	14.60	(-3.36)	22-26 id.	- 1.30	-1.42
			27-31 id.	+ 1.26	+1.37

plus longue période de froid relatif est un peu plus longue et comprend treize pentades ; elle va du 20 juin au 23 août.

La pentade la plus froide, absolument parlant, est la 72me, du 22 au 26 décembre, avec — 1°,30 et un écart de — 1°,42. Au point de vue relatif la plus froide est la 21me, du 11 au 15 avril, avec 3°,22 et un écart de — 5°,27. J'aurai l'occasion de revenir sur cette période très froide qui a été néfaste pour les récoltes.

La pentade la plus chaude au point de vue absolu est la 48me du 24 au 28 août, avec 19°,58, donc encore inférieure à 20°, et un écart de + 2°,37. La plus chaude au point de vue relatif est la 4e, du 16 au 20 janvier, avec 5°,65 et un écart de + 5°,85.

La plus forte hausse de température a eu lieu, en avril, entre la 21e et la 22e pentade ; elle est de + 6°,18. La plus forte baisse de température a eu lieu, entre avril et mai, entre la 24e et la 25e pentade ; elle est de — 7°,41.

3° *Moyennes diurnes — Anomalies*

Le *tableau VI* fournit la classification des jours de l'année, à *Genève*, suivant leurs températures moyennes et conformément à la terminologie introduite par Plantamour. Il en résulte que, dans l'année météorologique 1913, *il n'y a pas eu un seul jour très froid*, au dessous de — 5°; et il n'y a eu que 24 jours à température au-dessous de zéro, un peu plus pourtant qu'en 1910 et surtout qu'en 1912. Il n'y a pas eu de jour très chaud, avec une température moyenne dépassant 25°, pas plus qu'en 1910 et qu'en 1912.

Le *tableau VII* fournit une classification analogue pour le *Grand Saint-Bernard*. La longue série de jours dont la tempépature moyenne diurne reste au-dessous de zéro s'étend, avec de courtes interruptions, du 18 octobre 1912 au 20 avril 1913. D'autre part, la température moyenne diurne est restée à peu près constamment au-dessus de zéro du 24 mai au 15 septembre mais avec aussi des interruptions, que l'on trouve mentionnées, en partie, dans les deux dernières colonnes du tableau.

Ces deux tableaux fournissent, en effet, pour chaque mois et pour l'année, les dates des jours les plus froids et les plus chauds. L'écart entre les températures diurnes extrêmes est de

VI. Classement des températures diurnes. — GENÈVE, 1913.

Période	Nombre de jours									Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	très froids		froids		tempérés		chauds		très chauds		
	- 15° à - 10	- 10° à - 5	- 5° à 0	0° à + 5	+ 5° à + 10	+ 10° à + 15	+ 15° à + 20	+ 20° à + 25	+ 25° à + 30		
Décembre 1912	—	—	10	16	5	—	—	—	—	- 3.60 le 10	+ 8.66 le 26
Janvier 1913	—	—	6	18	7	—	—	—	—	- 2.11 le 1	7.81 le 31
Février	—	—	7	17	4	—	—	—	—	- 2.13 le 19	7.34 le 1
Mars	—	—	—	9	15	7	—	—	—	+ 2.61 le 18	10.92 le 30
Avril	—	—	1	3	15	7	4	—	—	0.00 le 13	16.37 le 30
Mai	—	—	—	—	10	13	6	2	—	5.91 le 6	21.44 le 30
Juin	—	—	—	—	—	8	21	1	—	13.36 le 7	20.41 le 17
Juillet	—	—	—	—	—	10	21	—	—	11.95 le 10	19 80 le 14
Août	—	—	—	—	—	6	22	3	—	12.88 le 14	20.61 le 30
Septembre	—	—	—	—	—	20	10	—	—	10.63 le 22	19.06 le 4
Octobre	—	—	—	—	14	17	—	—	—	6.80 le 20	14.24 le 3
Novembre	—	—	—	7	18	5	—	—	—	+ 3.44 le 27	13.58 le 2
Décembre	—	—	7	17	7	—	—	—	—	- 4.10 le 23	7.28 le 4
Année météorol.	—	—	24 21	70	88	93	84	6	—	- 3.60 le 10 déc. 1912	21.44 le 30 mai
Année civile	—	—		71	90	93	84	6	—	- 4.10 le 23 déc. 1913	id.

VII. Classement des températures diurnes. — SAINT-BERNARD, 1913.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	− 25° et − 20°	− 20° et − 15°	− 15° et − 10°	− 10° et − 5°	− 5° et 0°	0° et + 5°	+ 5° et + 10°	+ 10° et + 15°		
Décembre 1912	—	—	1	11	18	1	—	—	− 10.9° le 3	+ 1.4° le 16
Janvier 1913	—	—	5	20	6	—	—	—	− 12.0 le 14	− 3.2 le 24
Février	—	2	4	17	5	—	—	—	− 17.4 le 18	− 1.1 le 10
Mars	—	—	2	11	17	1	—	—	− 13.2 le 9	+ 1.3 le 11
Avril	—	1	2	11	11	5	—	—	− 17 5 le 13	2.1 le 29
Mai	—	—	—	2	15	10	4	—	− 5.6 le 5	7.0 le 27
Juin	—	—	—	—	5	14	11	—	− 1.1 le 7	8.3 le 14
Juillet	—	—	—	—	5	16	9	1	− 1.5 le 9	11.0 le 14
Août	—	—	—	—	—	10	18	3	+ 0.7 le 14	12.5 le 28
Septembre	—	—	—	—	10	12	7	1	− 1.5 le 21	10.2 le 3
Octobre	—	—	—	—	8	23	—	—	− 1.9 les 23 et 31	4.8 le 25
Novembre	—	—	—	8	18	4	—	—	− 7.4 le 25	1.5 les 3 et 30
Décembre	—	2	6	11	11	1	—	—	− 19.3 le 31	0.6 le 1
Année météorologique	—	3	14	80	118	96	49	5	− 17.5 le 13 avril	12.5 le 28 août
» civile	—	5	19	80	111	96	49	5	− 19.3 le 31 déc.	id.

25°,04 à Genève et de 30°,0 au Saint-Bernard. Ce sont des écarts plutôt faibles, provenant de ce qu'il n'a pas fait vraiment froid en 1913.

Le moment est venu d'attirer l'attention sur la période trop froide du 12 au 16 avril 1913 à Genève et au St-Bernard. A *Genève* la journée du 13 avril a une température moyenne de seulement 0°,0. Pendant près de quinze heures, entre ce jour-là et le lendemain, le thermomètre est resté au-dessous de zéro. Le thermomètre à minimum est tombé au-dessous de zéro quatre jours consécutifs, du 13 au 16 avril, avec minimum absolu de — 2°,8 le 16. La bise a soufflé sans discontinuer avec maximum dans la journée du 14. Tout cela réuni a beaucoup nui à la végétation et a fait des dégâts considérables et durables dans les vignobles.

Au *Grand Saint-Bernard*, il est à noter que le 13 avril a été *le jour le plus froid de toute l'année* avec — 17°,5, plus froid même de — 0°,1 que le 18 février. C'est aussi ce jour-là que, dans l'année météorologique, le thermomètre à minimum est tombé le plus bas, à — 21°,0, plus bas qu'en hiver. C'est la preuve d'un abaissement considérable général de la température dans une saison où des anomalies semblables sont rares.

L'anomalie résultant de ce qu'il fait plus chaud dans la station de montagne que dans celle de plaine ne s'est présentée que deux fois, les 6 et 10 décembre 1912 dans l'année météorologique, et pas dans l'année civile.

4° *Températures extrêmes*

Les *tableaux VIII* et *IX* fournissent, pour les deux stations, les températures extrêmes indiquées par les thermomètres à minimum et à maximum. A *Genève*, le minimum absolu est, plus encore que de 1910 à 1912, sensiblement moins bas que le minimum moyen des cinquante années de 1826 à 1875 (—13°,3). Le maximum absolu est aussi très inférieur au maximum absolu moyen (+32°,5). Grâce au peu d'importance de ces extrêmes, l'oscillation totale de la température, 36°,4, reste très inférieure à l'oscillation moyenne (45°,8). — Au *Grand Saint-Bernard*,

VIII. Températures extrêmes. GENÈVE, 1913.

PÉRIODE	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Déc. 1912....	– 5.6	le 11	13.2	les 15 et 26	24	5
Janvier 1913..	– 3.4	le 1	13.0	le 26	12	1
Février	– 6.2	le 24	11.2	le 3	21	—
Mars	– 3.0	le 10	17.5	le 14	9	—
Avril	– 2.8	le 16	24.5	le 29	4	—
Mai	+ 2.0	le 2	29.2	le 30	—	—
Juin.....	7.2	le 8	30.2	le 17	—	—
Juillet	7.5	le 1	29.5	le 14	—	—
Août	6.9	le 16	29.3	le 5	—	—
Septembre ...	4.1	le 23	26.2	le 1	—	—
Octobre	2.0	le 15	19.5	le 3	—	—
Novembre....	– 0 8	le 21	20.0	le 2	1	—
Décembre....	– 8.0	le 24	11.3	le 27	22	6
Année mét...	– 6.2	le 24 février	30.2	le 17 juin	71	6
» civile..	– 8.0	le 24 décembre	id.		69	7

IX. Températures extrêmes. SAINT-BERNARD, 1913.

PÉRIODE	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Déc. 1912....	– 12.1	le 3	+ 5.1	le 16	31	23
Janvier 1913..	– 14 4	le 22	0 0	le 25	31	30
Février	– 19.4	le 18	+ 2.6	le 10	28	24
Mars	– 16.2	le 18	6.0	le 11	31	20
Avril	– 21.0	le 13	7.2	le 21	28	17
Mai	– 8.8	le 6	13 7	le 27	24	4
Juin..... ..	– 3.8	le 7	14.1	le 14	12	—
Juillet	– 4.0	le 9	15.3	le 30	11	—
Août.....	– 0.6	les 14 et 15	16.8	le 28	4	—
Septembre....	– 4.4	le 22	13.7	le 3	14	1
Octobre	– 4.0	le 31	7.7	le 18	21	3
Novembre	– 10.0	le 8	4.8	le 3	30	18
Décembre	– 21.5	le 31	2.7	les 1 et 3	31	29
Année mét...	– 21 0	le 13 avril	+ 16.8	le 28 août	265	140
» civile..	– 21.5	le 31 décembre	id.		265	146

l'oscillation extrême est de 37°,8 différant peu de celles de 1910 à 1912.

Ces tableaux fournissent en outre, pour les deux stations, les nombres de *jours de gelée,* où le minimum est descendu au-dessous de zéro, et de *jours de non dégel,* où le maximum est resté au-dessous de zéro. A Genève, ces nombres sont encore inférieurs, cette année, aux nombres moyens des 50 années de 1826 à 1875 (91 et 21).

La dernière *gelée blanche à glace* du printemps à Genève a eu lieu le 16 avril, nous en parlons plus haut. La première gelée blanche à glace de l'automne a eu lieu seulement le 21 novembre.

Au *Grand Saint-Bernard*, le petit lac près de l'hospice a été complètement dégelé le 15 juillet et il s'est congelé à nouveau le 21 octobre.

5° *Température du Rhône.*

Le *tableau X* fournit les documents habituels sur la température du Rhône prise, comme antérieurement, vers midi, à la

X. — Température du Rhône, 1913.

PÉRIODE	Moyenne	Écarts avec la normale	Minimum	Maximum	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air
	°	°	°	°	°
Décembre 1912	6.34	− 0.27	6,0 les 7, 10, 14, 20, 21, 23 et 24	7.0 le 2	+ 4.73
Janvier 1913..	6.13	+ 1.02	5 5 les 6, 8, 10, 11	7.5 le 14	+ 3.03
Février	5 91	+ 0.95	5.0 le 24	6.7 les 4, 10 et 11	+ 4.09
Mars	6.85	+ 0.73	5.5 le 3	8.0 le 15	− 0.20
Avril	8.38	− 0 40	7.0 les 8,14,15,17,18	13.0 le 30	− 0.75
Mai	11.38	− 0.34	8.0 les 5, 6, 7, 8, 12	16.7 le 31	− 1.38
Juin.....	15.90	+ 0.56	13.0 les 6 et 9	18.5 les 18 et 19	− 0.68
Juillet	16 30	− 1.79	11.0 le 17	19.5 le 30	+ 0.32
Août	17.93	− 0.72	12.5 le 11	20.7 le 30	+ 0 71
Septembre ...	17.21	+ 0.14	14 5 le 16	19.7 les 4 et 5	+ 3.07
Octobre	14.55	+ 0.57	13.5 le 31	16.0 les 3 et 7	+ 4.27
Novembre. ...	10.54	+ 0.91	7.0 le 18	13.7 le 3	+ 2.84
Décembre	7.55	+ 0.94	6.3 les 8, 9 et 30	9.5 le 1	+ 5.73
Année météor.	11.51	+ 0.17	5,0 le 24 février	20.7 le 30 août	+ 1.69
Année civile .	11.61	+ 0.27	id.	id.	+ 1.77

sortie du lac sous le pont des Bergues, à une profondeur d'un mètre au-dessous de la surface.

III. Pression atmosphérique

Genève. — Comme je l'ai déjà indiqué dans le résumé de l'année 1903, le baromètre de Fuess n° 1492/57, qui sert de baromètre normal depuis 1902, a été vérifié le 30 janvier 1904, et sa correction, par rapport au baromètre normal de l'institut météorologique de Zurich, est de $+ 0^{mm},21$. L'altitude du zéro de l'échelle est de $404^{m},96$, la même que pour l'ancien baromètre de Noblet, en admettant $373^{m},60$ pour la cote absolue du repère de la pierre du Niton.

Les six observations diurnes de 7 h. du matin à 10 h. du soir se font directement au baromètre de Fuess. Les indications pour les deux observations nocturnes de 1 h. et de 4 h. du matin, ainsi que les valeurs des minima et des maxima, sont relevées sur les diagrammes du barographe à enregistrement continu de Redier.

La moyenne des huit observations trihoraires donne la *moyenne diurne* de la pression atmosphérique. Les *moyennes mensuelles* et *annuelles* sont directement déduites de ces moyennes diurnes.

Grand Saint-Bernard. — Depuis 1904, les trois observations directes diurnes sont faites au nouveau baromètre de Fuess, n° 1570 100, installé à l'hospice le 5 octobre 1903, à côté de l'ancien baromètre de Gourdon. La correction de ce baromètre, par rapport au baromètre normal de l'institut météorologique de Zurich, est de $+ 0^{mm},75$. Son altitude, résultant du nouveau nivellement de précision exécuté en 1906, est de $2475^{m},8$. — Les valeurs des minima et des maxima de la pression sont relevées sur le barographe horaire de Hottinger, décrit dans le résumé de 1884.

1° *Moyennes générales — Variation diurne — Écarts*

Le *tableau XI* donne, pour *Genève,* les valeurs moyennes de la pression atmosphérique pour les treize mois, les saisons et

XI. Pression atmosphérique. — GENÈVE, 1913.

PÉRIODE	Hauteur moyenne	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1912	732.35	- 0.16	- 0.19	- 0.03	+ 0.44	- 0.20	- 0.33	+ 0.06	+ 0.41
Janvier 1913	727.48	+ 0.04	- 0.07	+ 0.08	+ 0.44	- 0.12	- 0.21	- 0.08	- 0.08
Février.	730.60	+ 0.18	- 0.12	+ 0.15	+ 0.54	- 0.01	- 0.51	- 0.30	+ 0.07
Mars.	728.45	+ 0.19	- 0.02	+ 0.23	+ 0.65	0.00	- 0.63	- 0.39	- 0.03
Avril.	723.12	+ 0.20	- 0.01	+ 0.39	+ 0.36	- 0.11	- 0.65	- 0.36	+ 0.18
Mai	725.43	+ 0.12	+ 0.04	+ 0.36	+ 0.20	- 0.30	- 0.50	- 0.27	+ 0.35
Juin	729.74	+ 0.18	+ 0.07	+ 0.42	+ 0.23	- 0.24	- 0.57	- 0.46	+ 0.37
Juillet	726.71	+ 0.32	+ 0.12	+ 0.32	+ 0.25	- 0.21	- 0.52	- 0.48	+ 0.20
Août	727.23	+ 0.16	+ 0.16	+ 0.32	+ 0.35	- 0.13	- 0.57	- 0.46	+ 0.17
Septembre	726.25	+ 0.34	+ 0.02	+ 0.24	+ 0.31	- 0.26	- 0.63	- 0.23	+ 0.21
Octobre	726.70	+ 0.20	- 0.06	+ 0.15	+ 0.33	- 0.32	- 0.71	+ 0.03	+ 0.38
Novembre	729.25	0.00	- 0.15	+ 0.08	+ 0.53	- 0.27	- 0.36	- 0.08	+ 0.25
Décembre.	729.92	+ 0.22	+ 0.01	+ 0.12	+ 0.47	- 0.40	- 0.46	- 0.13	+ 0.17
Hiver	730.13	+ 0.01	- 0.13	+ 0.06	+ 0.48	- 0.11	- 0.35	- 0.10	+ 0.14
Printemps	725.69	+ 0.17	0.00	+ 0.33	+ 0.40	- 0.13	- 0.60	- 0.34	+ 0.17
Eté	727.88	+ 0.22	+ 0.12	+ 0.35	+ 0.28	- 0.20	- 0.55	- 0.46	+ 0.24
Automne	727.39	+ 0.18	- 0.06	+ 0.15	+ 0.38	- 0.28	- 0.57	- 0.09	+ 0.29
Année météorologique .	727.76	+ 0.14	- 0.02	+ 0.23	+ 0.39	- 0.18	- 0.52	- 0.25	+ 0.21
Année civile	727.55	+ 0.18	0.00	+ 0.24	+ 0.39	- 0.20	- 0.53	- 0.26	+ 0.19

l'année, météorologique et civile ; il donne en outre, pour toutes ces périodes, la variation diurne exprimée par les différences entre les moyennes générales et les moyennes des huit observations trihoraires.

Le *tableau XII* fournit les indications analogues pour le *Grand Saint-Bernard,* mais la variation diurne n'est plus exprimée qu'assez incomplètement par la différence entre les moyennes générales et les moyennes des *trois* observations diurnes.

Le *tableau XIII* donne les résultats de la comparaison entre les moyennes mensuelles et annuelles et les valeurs normales déduites par Plantamour des années de 1836 à 1875 pour Genève, et des années de 1841 à 1867 pour le Grand Saint-Bernard.

La moyenne annuelle est supérieure à la normale aux deux stations, sensiblement plus au Grand Saint-Bernard qu'à Genève.

Les plus forts écarts négatifs sont ceux d'avril à Genève et de juillet au Saint-Bernard. Les plus forts écarts positifs sont, à Genève, pour l'année météorologique, celui de décembre 1912, et, pour l'année civile, celui de février ; au Grand Saint-Bernard l'écart maximum positif est celui du mois de mars.

Le maximum de discordance entre les deux stations, dans le sens d'une plus forte pression relative à la montagne se rencontre en octobre et, dans le sens d'une plus forte pression à Genève, en juillet pour l'année météorologique, en décembre 1913, pour l'année civile.

2° *Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique*

Les *tableaux XIV* et *XV* donnent les minima et les maxima absolus pour les treize mois et pour l'année aux deux stations.

A *Genève,* les extrêmes moyens et absolus ont les valeurs suivantes, depuis 1912 :

minimum extrême moyen : 705.05
» » absolu : 700.00 (2 II 1912)
maximum extrême moyen : 741.03
» » absolu : 748.71 (17 I 1882)

XII. Pression atmosphérique. — SAINT-BERNARD, 1913.

PÉRIODE	Hauteur moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm.	mm.	mm.	mm.
Décembre 1912.	567.05	- 0.19	- 0.15	+ 0.34
Janvier 1913.	562.62	- 0.11	- 0.18	+ 0.29
Février	564.38	- 0.21	- 0.08	+ 0 29
Mars	565.28	- 0.33	+ 0.09	+ 0.24
Avril	560.61	- 0.41	+ 0.02	+ 0.39
Mai	564.72	- 0.31	- 0.08	+ 0.39
Juin.	569.39	- 0.35	- 0.02	+ 0.37
Juillet.	566.77	- 0.39	+ 0.08	+ 0.31
Août	568.68	- 0.29	- 0.07	+ 0.36
Septembre	566.97	- 0.21	- 0.02	+ 0.23
Octobre	567.12	- 0.20	- 0.11	+ 0.31
Novembre	566.58	- 0.19	- 0.07	+ 0.26
Décembre	563.49	- 0.12	- 0.02	+ 0.14
Hiver	564.69	- 0.17	- 0.14	+ 0.31
Printemps	563.57	- 0.35	+ 0.01	+ 0.34
Eté	568.27	- 0.35	0.00	+ 0.35
Automne	566.89	- 0.20	- 0.07	+ 0.27
Année météorologique .	565.86	- 0.26	- 0.05	+ 0.31
Année civile.	565.56	- 0 26	- 0.04	+ 0.30

XIII. Pression atmosphérique. — Écarts, 1913.

PÉRIODE	Genève	St-Bernard	Genève—St-Bernard
	mm	mm	mm
Décembre 1912.	+ 4.39	+ 4.73	- 0.34
Janvier 1913	+ 0.11	+ 2.13	- 2 02
Février	+ 3.76	+ 4.14	- 0.38
Mars	+ 3.42	+ 5 57	- 2.15
Avril	- 1.65	- 1.02	- 0.63
Mai.	+ 0.19	+ 0.88	- 0.69
Juin	+ 2.55	+ 2.28	+ 0.27
Juillet	- 0.94	- 1.71	+ 0.77
Août	- 0.43	+ 0.28	- 0.71
Septembre.	- 1.38	- 0.48	- 0.90
Octobre	+ 0.19	+ 2.52	- 2.33
Novembre	+ 3.40	+ 4.55	- 1.15
Décembre	+ 1.96	+ 1.17	+ 0.79
Année météorologique .	+ 1.12	+ 1.98	- 0.86
Année civile	+ 0.91	+ 1.68	- 0.77

XIV. Pressions extrêmes. GENÈVE, 1913.

PÉRIODE	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Amplitude
	mm.		mm.		mm.
Décembre 1912 . . .	715.8	le 1	740.0	le 15	24.2
Janvier 1913	717.2	le 21	736.3	le 6	19.1
Février.	719.8	le 2	741.1	le 9	21.3
Mars.	717.8	le 17	741.5	le 10	23.7
Avril.	713.3	le 7	731.0	le 2	17.7
Mai	714.3	le 5	733.7	le 26	19.4
Juin	724.7	les 1 et 2	734.9	le 29	10.2
Juillet	720.9	le 6	732.2	le 9	11.3
Août	721.8	le 29	732.8	le 26	11.0
Septembre	716.3	le 14	732.0	le 22	15.7
Octobre	716.4	le 29	735.4	le 14	19.0
Novembre	716.4	le 13	738.5	le 30	22.1
Décembre	712.0	les 28 et 29	740.5	le 21	28.5
Année météorolog. .	713.3	le 7 avril	741.5	le 10 mars	28.2
Année civile . . .	712.0	les 28 et 29 décembre	id.		29.5

XV. Pressions extrêmes. SAINT-BERNARD, 1913.

PÉRIODE	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Amplitude
	mm.		mm.		mm.
Décembre 1912 . .	555.5	le 1	573.8	le 14	18.3
Janvier 1913	554.0	le 21	570.7	le 5	16.7
Février	554.0	le 17	574.2	le 10	20.2
Mars	553.0	le 18	573.2	le 10	20.2
Avril	549.9	le 12	568.5	le 29	18.6
Mai	551.6	le 5	574.1	le 26	22.5
Juin	563.2	le 25	572.7	le 15	9.5
Juillet	560.6	le 11	572.2	le 13	11.6
Août	563.6	le 9	574.6	le 26	11.0
Septembre	559.0	le 17	571.8	le 8	12.8
Octobre	560.3	les 5 et 29	573.6	le 25	13.3
Novembre	555 7	le 7	573.3	le 30	17.6
Décembre	544.9	le 29	571.9	le 21	27.0
Année météorolog. .	549.9	le 12 avril	574.6	le 26 août	24.7
Année civile . . .	544.9	le 29 décembre	id.		29.7

Les extrêmes absolus de l'année 1913 sont peu marqués et il en résulte que l'amplitude annuelle totale est très inférieure, de près de huit millimètres, à la moyenne.

Au *Grand Saint-Bernard,* l'amplitude annuelle est aussi inférieure à ce qu'elle était en 1912.

IV. Humidité de l'air

La valeur de la *fraction de saturation* est, depuis 1901, appréciée en *pour cent,* et non plus en *millièmes*. Je n'ai conservé l'indication des dixièmes de pour cent que pour la valeur moyenne annuelle à Genève, afin de permettre la comparaison exacte avec le passé.

A *Genève,* la valeur de la fraction de saturation est, pour les six observations faites de jour, déduite des indications des deux thermomètres du psychromètre ; pour les deux observations de nuit, 1 h. et 4 h. du matin, ses valeurs sont relevées sur les diagrammes de l'hygromètre enregistreur de Richard.

Le *tableau XVI* fournit, pour les huit observations trihoraires, les valeurs moyennes de la fraction de saturation, pour les treize mois, les saisons et l'année ; puis les valeurs de la *fraction de saturation moyenne* pour les mêmes périodes ; enfin les minima et les maxima absolus. Lorsque le maximum correspond à la *saturation* complète, le nombre des cas de saturation est indiqué. Afin de rendre l'évaluation de ces *cas de saturation* comparable avec celle de l'ancien système des observations bihoraires, usité jusqu'en 1883, on a continué à calculer la *fréquence relative de la saturation.*

Le *tableau XVII* donne les *écarts* de la fraction de saturation et de la fréquence de la saturation avec les valeurs normales des « Nouvelles études sur le climat de Genève », de Plantamour.

Cette année, pour l'année météorologique surtout, la fraction de saturation est sensiblement supérieure à la normale, ce qui ne s'était pas présenté depuis nombre d'années. Les mois les plus humides sont ceux d'hiver et d'automne, comme toujours ; et, au point de vue relatif, décembre 1912, septembre et octo-

XVI. Fraction de saturation en pour cent. — GENÈVE, 1913.

PÉRIODE	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu	Fréquence relat. de la saturation
Décembre 1912...	93	94	95	91	83	83	88	92	90	33	100 19 fois	0.077
Janvier 1913	90	90	91	88	80	80	85	87	86	45	100 5 »	0.020
Février	87	90	90	82	75	68	76	82	81	32	99	0.000
Mars.	81	84	83	69	57	62	70	76	73	26	100 3 »	0.012
Avril	86	88	83	68	57	52	63	76	72	15	100 »	0.004
Mai.....	84	87	80	63	53	52	64	77	70	20	99	0.000
Juin	79	83	73	59	51	50	59	71	66	22	95	0.000
Juillet	83	88	81	64	56	56	64	75	71	31	100 1 »	0.004
Août	87	89	85	70	57	56	65	79	74	26	99	0.000
Septembre.....	92	94	91	75	66	66	78	87	81	42	100 3 »	0.013
Octobre.....	94	95	95	85	74	75	87	92	87	47	100 9 »	0.036
Novembre.....	92	92	90	81	77	80	86	90	86	48	100 3 »	0.013
Décembre.....	86	87	87	83	76	78	81	86	83	43	100 17 »	0.069
Hiver.	90	91	92	87	79	77	83	87	86	32	100 24 fois	0.033
Printemps.....	84	86	82	67	56	55	66	76	71	15	100 4 »	0.005
Eté.	83	87	80	64	55	54	63	75	70	22	100 1 »	0.001
Automne.	93	93	92	82	73	73	84	90	85	42	100 15 »	0.021
Année météorol..	87	89	86	75	66	65	74	82	78.0	15	100 44 fois	0.015
» civile.....	87	89	86	74	65	64	73	81	77.4	15	100 42 »	0.014

XVII. Écarts de l'humidité. GENÈVE, 1913.

PÉRIODE	Fraction de saturation		Fréquence relative de la saturation	
	Moyennes (1849-1875)	Écarts pour 1912	Moyennes 1849-1875	Écarts pour 1912
Décembre 1912.....	86	+ 4	0.147	- 0.070
Janvier 1913.....	86	0	0.145	- 0.125
Février.....	82	- 1	0.096	- 0.096
Mars.....	75	- 2	0.039	- 0.027
Avril.....	70	+ 2	0.016	- 0.012
Mai.....	70	0	0.016	- 0.016
Juin.....	70	- 4	0.010	- 0.010
Juillet.....	68	+ 3	0.006	- 0.002
Août.....	71	+ 3	0.009	- 0 009
Septembre.....	77	+ 4	0.025	- 0.012
Octobre.....	83	+ 4	0.083	- 0.047
Novembre.....	83	+ 3	0.067	- 0.054
Décembre.....	86	- 3	0.147	- 0.078
Hiver.....	85	+ 1	0.130	- 0.097
Printemps.....	72	- 1	0.024	- 0.019
Eté.....	69	+ 1	0.008	- 0.007
Automne.....	81	+ 4	0.058	- 0.037
Année météorolog..	76.8	+ 1.2	0.055	- 0.040
» civile.....	76.8	+ 0.6	0.055	- 0.041

bre 1913 présentent le même écart, + 4°/₀. Le mois le plus sec, au double point de vue absolu et relatif, est le mois de juin.

Le seul cas de grande sécheresse de l'air a été constaté dans l'après-midi du 16 avril, 15°/₀, le dernier jour du refroidissement si néfaste du printemps, au moment du changement brusque de température, sous l'influence d'une saute du vent, de la bise à la direction opposée. Quant à la saturation complète de l'air, elle a été encore moins fréquente cette année que les précédentes.

Le *tableau XVIII* fournit le résultat des observations faites au *Grand Saint Bernard* avec l'hygromètre à cheveu d'Usteri-Reinacher.

La valeur moyenne annuelle de la fraction de saturation est toujours très semblable aux deux stations. Mais la différence est en sens contraire pour l'année météorologique et pour l'année civile. Quant à la répartition annuelle de l'humidité relative elle est très différente entre la station de montagne et celle

XVIII. Fraction de saturation en pour cent.

GRAND SAINT-BERNARD, 1913.

PÉRIODE	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Fract. moy.	Min. abs.	Maximum absolu		Fréq. relat. de la satur.
Déc. 1912....	61	56	61	59	8	100	2 fois	0.022
Janvier 1913..	78	73	80	77	14	100	2 »	0.022
Février.	62	61	74	66	10	100	6 »	0.071
Mars.....	76	73	78	76	15	100	21 »	0.226
Avril.....	88	81	89	86	27	100	29 »	0.322
Mai.....	88	68	90	82	26	100	24 »	0.258
Juin.....	83	70	92	82	29	100	25 »	0 278
Juillet.....	78	68	86	77	22	100	17 »	0.183
Août.....	79	67	80	75	21	100	11 »	0.118
Septembre...	83	81	88	84	18	100	29 »	0 322
Octobre.	76	75	82	78	8	100	46 »	0.495
Novembre...	81	79	82	81	10	100	12 »	0.133
Décembre....	72	69	67	69	10	100	11 »	0.118
Hiver.....	67	63	72	67	8	100	10 fois	0.037
Printemps....	84	74	86	81	15	100	74 »	0.268
Eté..	80	68	86	78	21	100	53 »	0.192
Automne	80	78	84	81	8	100	87 »	0.319
Année météor.	78	71	82	77	8	100	224 fois	0.205
» civile..	79	72	83	78	8	100	233 »	0.213

de plaine. Au St-Bernard les mois les plus secs sont ceux de décembre, surtout celui de 1912, puis février. Les mois les plus humides sont ceux d'avril et de septembre.

Si les cas de saturation complète de l'air sont rares à Genève il n'en est pas de même au St-Bernard, et il y en a eu sensiblement plus en 1913 que l'année précédente, surtout au printemps et en automme. Les cas de grande sécheresse de l'air se sont présentés quelquefois, mais en moins grand nombre que d'autres années. C'est toujours en hiver et en automne qu'ils se manifestent de la façon la plus marquée.

(A suivre)

---

*

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 19 février 1914

Amé Pictet. Décomposition pyrogénée du pétrole de Bakou. — Eug. Bujard. Les courbures géométriques normales de l'embryon humain. — Th. Tommasina. La nouvelle mécanique et la théorie de la relativité.

M. le prof. Amé Pictet communique les résultats de recherches qu'il a faites avec M. S. Chahnazarian sur la *décomposition pyrogénée du pétrole de Bakou.*

En distillant ce dernier dans des tubes de fer chauffés au rouge sombre, on obtient un goudron qui ne se distingue en rien, par la nature de ses constituants, du goudron de houille.

M. Pictet ajoute qu'il a réussi, par une opération inverse, à polymériser à basse température certaines fractions du même pétrole à l'aide d'un catalyseur, et à obtenir ainsi un produit solide, noir, dur et friable, qui n'est pas sans analogie avec la houille.

Ces observations lui paraissent apporter un nouvel appui à l'idée qu'il avait exprimée dans une précédente séance, et d'après laquelle il faudrait admettre d'étroites relations d'ordre chimique entre la houille et le pétrole.

Eug. Bujard. — *Les courbures géométriques normales de l'embryon humain.*[1]

Le modelage de l'embryon humain peut être divisé en trois périodes :

I. Pendant la *première période,* l'aire embryonaire s'étend en

[1] Cette note est le résumé d'un mémoire paru *in extenso* dans : *Anatomische und Entwickelungsgeschichtliche Monographien.* 3. Heft. — Herausg. W. Roux, Leipzig, 1914.

tache d'huile, en même temps que se différencient un canal neurentérique, une ligne primitive et les plaques primordiales (neurale, chordale, mésodermiennes, etc.).

II. Pendant la *deuxième période,* le modelage est très actif ; les plaques primordiales se creusent en canal et se découpent en organes primordiaux.

Parallèlement à cette différenciation organique, l'embryon bascule autour du pédicule abdominal et s'enroule en spirale. Les mouvements se divisent en 2 phases :

1re phase, parabolique. Cette phase est dominée par la prolifération intense de la partie caudale, au niveau du canal neurentérique. Cette prolifération projette l'embryon en avant, de telle sorte que sa tête décrit dans l'espace une trajectoire tendant à la parabole et que la queue, par un mouvement de recul, s'enroule en arc de cercle, autour du point de suspension de l'embryon, situé à l'origine cloacale de l'allantoïde. La courbure dorsale tend à ce moment à réaliser un arc elliptique. Le modelage de la tête débute, par un enroulement au-dessus du cœur (arc proximal).

2me phase, spirale. La projection en avant et l'allongement de l'embryon sont arrêtés par le modelage (flexion et torsion) du cœur autour du sinus veineux (considéré comme point fixe) ; la résultante de cet antagonisme est : 1° Un mouvement de bascule de l'embryon ; la tête tend à décrire une trajectoire spirale, dont le pôle est le point allantoïdien, point de suspension de l'embryon. 2° L'enroulement spiral de l'embryon lui-même ; ce processus commence à la tête et se propage graduellement à la courbure dorsale. La tête tend d'abord à une spire primitive, construite en 3 arcs (proximal, médial et distal), dont les rayons progressent comme 1 : 2 : 4.

Cette spire primitive se tronsforme en une seconde spire par la révolution de ses divers centres autour du point buccal ; ce dernier est situé au niveau du voile bucco-pharyngien primordial. La nouvelle spire se divise en trois nouveaux arcs (frontal, apical et nucal), dont les rayons progressent maintenant comme 1 : 3 : 9.

III. Pendant la *troisième période,* l'enroulement spiral de l'embryon atteint son maximum (embryons de 6-7 mm.

La spire céphalique se resserre peu à peu, par raccourcissement du rayon de l'arc nucal, et devient la première partie d'une spire cervico-céphalique dont la progression tend à 1 : 2 : 3 : 4.

La transformation de la spire céphalique s'effectue par les révolutions combinées : 1° des centres des arcs apical et frontal autour du centre de l'arc dorsal, 2° du centre de l'arc nucal, successivement autour des centres des arcs frontal et dorsal.

A la fin de la période, deux faits nouveaux interviennent : 1° le modelage organique s'accentue et se traduit extérieurement en

déformant localement la courbure générale de l'embryon; 2° le début d'un mouvement de déflexion de l'embryon se dessine.

La déformation intéresse surtout la spire céphalique ou mieux cervico-céphalique : la partie cervicale de l'arc nuco-cervical des stades précédents est remplacée par un nouvel arc cervical de grand rayon; la partie apicale de la spire est refoulée par la poussée du mésencéphale.

La dérivation de la spire nouvelle, à partir du stade antérieur, se fait par la translation du centre de l'arc frontal sur une trajectoire elliptique, dont les centres des arcs apical et nuco-cervical seraient les foyers; la progression des rayons de la partie céphalique de la spire est de nouveau 1 : 2 : 4.

Ainsi à chaque stade du développement, l'embryon humain tend à réaliser plus ou moins parfaitement une série de courbes, qui sont l'expression du mécanisme du modelage embryonnaire et qu'un simple graphisme permet de transformer successivement l'une dans l'autre.

De nombreuses variations individuelles peuvent se greffer sur ce thème général, qui est pour ainsi dire le *schéma géométrique du développement normal.*

Nous avons proposé le terme de *courbes embryotectoniques* pour désigner les courbes caractéristiques de chacune des périodes de développement.

Enfin, le développement normal obéit à une sorte de *rythme de la croissance de l'embryon :* aux périodes de modelage maximum succèdent régulièrement des période de croissance maximum.

M. Th. Tommasina. — *La nouvelle mécanique et la théorie de la relativité.* — Cinquantième Note *sur la physique de la gravitation universelle.*

La juste célébrité désormais acquise par M. Einstein, due à l'importance de ses travaux mathématiques ayant trait à la Physique, ainsi que les nombreuses discussions déjà suscitées par sa *théorie de la relativité,* me mettent dans l'impossibilité de pouvoir résumer ma critique en une seule Note; celle-ci ne sera donc qu'une Note préliminaire.

Pendant que M. Einstein en son récent Mémoire, paru dans le fascicule de janvier des *Archives,* sur les *bases physiques d'une théorie de la gravitation,* continue à élargir le champ d'application de sa théorie de la relativité, M. Max Abraham la juge bien malade et s'occupe de son enterrement. « La théorie de la relativité, dit-il, a une place dans l'histoire de la critique des concepts d'espace et de temps. Elle nous a appris que ces concepts dépendent des idées que nous nous faisons sur la manière dont se comportent

les échelles et les horloges servant à la mesure des longueurs et des intervalles de temps, et que ces idées changent en même temps qu'elles. Cela promet à la théorie de la relativité un enterrement honorable »[1].

Je commence mon examen par le premier des Mémoires de M. Einstein que publièrent les *Archives*[2] et par les lignes suivantes : « L'introduction de la théorie magnétique de la lumière apporta une certaine modification à l'hypothèse de l'éther. D'abord les physiciens, ne doutèrent pas que l'on dût ramener les phénomènes électromagnétiques à des modes de mouvement de ce milieu. Mais lorsqu'on se fut peu à peu persuadé qu'aucune théorie mécanique de l'éther ne donnait *d'une façon particulièrement saisissante* une image des phénomènes électromagnétiques, on s'habitua à considérer les champs électrique et magnétique comme des entités dont l'interprétation mécanique était superflue ». Or, les mathématiciens peuvent trouver plus simple et plus commode, en vue de l'analyse, de remplacer par des propriétés qualitatives le substratum mécanique, mais les physiciens ne peuvent et ne doivent oublier un seul instant que seulement à ce dernier, qui est la réalité vraie, s'appliquent les lois des phénomènes.

Puis M. Einstein ajoute : « Suivant la théorie de l'émission, proposée par Newton, d'après laquelle la lumière se composerait de particules en mouvement, on doit considérer un espace ne contenant ni matière pondérable ni rayons lumineux comme parfaitement vide, tandis que suivant les théories mécanique et électromagnétique, un tel espace doit être regardé comme rempli par l'éther lui-même ». Il y a ici la même erreur d'interprétation physique que j'ai déjà relevée chez Ritz. En effet, la différence entre les hypothèses qui sont à la base de ces deux théories, ne vient pas du fait que dans l'une on pourrait considérer l'espace comme vide et dans l'autre comme plein d'éther. L'émission existant depuis toujours et partout puisqu'elle est continue, nulle partie de l'espace ne peut être considérée comme exempte de corpuscules. La différence consiste donc, au contraire, en ceci : D'après la théorie de l'émission les corpuscules, rayonnant de chaque source dans toutes les directions, ont un mouvement de translation, tandis que d'après la théorie des ondulations les mêmes corpuscules, remplissant tout l'espace, vibrent, dans et autour de la source, chacun dans sa propre sphère d'action, et transmettent leur mode de mouvement aux corpuscules contigus et ainsi de suite. Il suffit de supposer que ces corpuscules sont des électrons

[1] Max Abraham. Die neue Mechanik. *Scientia*, janvier 1914.

[2] A. Einstein. Le principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne. *Archives*, T. XXIX, janvier 1910, pp. 1-28.

et de leur attribuer une trajectoire hélicoïdale, pour avoir l'image saisissante du milieu électromagnétique, que M. Einstein désire.

On voit que, même en remontant à une époque antérieure à l'existence de la lumière, l'hypothèse de l'émission ne peut être admise que pour le phénomène initial, car dès que toutes les sources commencent à réagir les unes sur les autres, cette hypothèse doit être remplacée par celle des ondulations. Le substratum mécanique, inconnu mais nécessaire, nous montre avec évidence que seules les ondulations, par vibrations transversales et oscillations longitudinales, peuvent effectuer, en de telles conditions, la transmission, sans discontinuité, de la lumière ainsi que de toutes les radiations qu'elles constituent. La variété illimitée des longueurs d'ondes, depuis les rayons γ et X jusqu'aux ultraviolets, aux lumineux, aux calorifiques et aux ondes hertziennes ne saurait se rattacher à la théorie de Newton que M. Einstein voudrait faire revivre. Pourtant, outre les phénomènes de polarisation, qui avaient éliminé, il y a presque un siècle, l'hypothèse de Newton en la remplaçant par celle d'Huygens, nous avons aujourd'hui le phénomène de Zeemann, la production des rayons X par les rayons cathodiques, et finalement la nature ondulatoire des rayons de Röntgen démontrée expérimentalement par MM. Laue, Friedrich et Knipping, faits nouveaux qui corroborent et complètent les anciens, déjà, selon moi, plus que suffisants. A propos de ces derniers, M. A. Righi, conclut ainsi : « L'hypothèse, suivant laquelle les rayons X ont la même nature que les rayons lumineux, et sont ainsi une manifestation d'ondes électromagnétiques se propageant dans l'éther, est la conséquence la plus logique qu'on puisse tirer des faits nouveaux »[1].

Tout cela n'est pas explicable par la théorie de l'émission, laquelle amènerait d'ailleurs une confusion entre les radiations et les rayons β et cathodiques, ce qui n'est pas admissible. Lorsqu'on est en présence de deux théories, pour décider laquelle doit être choisie, il n'y a qu'à s'adresser aux faits et à vérifier s'il y en a qui ne sont pas explicables par l'une et le sont par l'autre. Or, tous les faits cités et d'autres encore ne s'expliquent que par la théorie des ondulations, complétée par Maxwell et par Hertz. Cette conclusion ne nous permet plus de mettre en doute l'existence de l'éther, considéré comme milieu universel électronique et, électromagnétique par ses fonctions (c'est-à-dire par le mode de vibration des électrons qui le constituent et par la forme hélicoïdale de la trajectoire de propagation longitudinale de la pression pondéro-motrice Maxwell-Bartoli, sur laquelle est basée ma théorie).

[1] A. Righi. La nature des rayons X. *Scientia*, janvier 1914, et ci-dessus, p. 335.

Il reste donc établi un premier point, c'est que les idées énoncées par M. Einstein dans la première partie du Mémoire cité, ne correspondent pas à une interprétation physique des phénomènes en corrélation avec l'état actuel de nos connaissances, qui permettent déjà de reconnaître en tout phénomène une modification spéciale de l'éther. M. Einstein voulait débarrasser la physique théorique de l'existence de l'éther, désirant ne plus être gêné par le rôle actif de ce milieu, mécanique en dernière analyse, parce que constitué exclusivement de systèmes dynamo-cinétiques, de points matériels, formant les électrons dont l'espace est rempli. On peut se demander, pourquoi les mathématiciens tiennent tant à avoir un espace sans éther ? C'est pour y placer les actions à distance et pouvoir utiliser toujours les forces centrales, avec la commode attraction, car s'il n'y a plus d'espaces vides les actions à distance n'ont plus de place où s'exercer. Les seuls espaces vides qui restent, parce qu'absolument nécessaires, sont ceux qui séparent l'un de l'autre les points matériels, non pas abstraits mais réels, dans l'intérieur de l'électron. Mais, c'est un espace minime, à peine suffisant pour permettre la réalisation de la rotation et du mouvement tourbillonnaire du point matériel dans l'électron, espace qui est d'ailleurs incessamment parcouru avec une vitesse de l'ordre de celle de la lumière.

Séance du 5 mars

L. Duparc. Synthèse de la Dunite platinifère.
Th. Tommasina. Le premier postulat de la théorie de la relativité et l'éther.

M. le prof. L. Duparc présente une communication sur la *synthèse de la Dunite platinifère* dont le résumé ne nous a pas été communiqué.

M. Th. Tommasina. — *Le premier postulat de la théorie de la relativité et l'éther.* — Cinquante et unième Note *sur la physique de la gravitation universelle.*

M. G. Castelnuovo dans son Mémoire sur *le principe de relativité et les phénomènes optiques,* dit : « Les troubles apportés par les théories d'Einstein dans les conceptions même les plus élémentaires ont paru assez graves à divers physiciens, et non des moins illustres, pour les rendre défiants à l'égard de ces vues nouvelles. Cette défiance peut être considérée comme providentielle, puisque le progrès de la Science n'admet aucune complication qui ne soit démontrée comme nécessaire, ou tout au moins propre à

découvrir, en une vision synthétique, de plus vastes horizons. D'autre part il est permis de se demander si la conception agnostique, par rapport à l'éther, avec laquelle Einstein précise le principe de relativité, satisfait notre intuition physique »[1]. Je vais vérifier ce dernier point à l'appui des conclusions de ma dernière Note, par un examen du premier postulat que M. Einstein présente dans les termes que voici : « Les lois qui régissent les phénomènes naturels sont indépendantes de l'état de mouvement du système de coordonnées par rapport auquel les phénomènes sont observés, pourvu que ce système ne soit pas animé d'un mouvement accéléré »[2]. C'est là une étrange façon de s'exprimer pour établir un principe de relativité puisqu'on n'y envisage que ce qui n'est pas relatif. Mais, M. Einstein ajoute au bas de la page cette note explicative : « Nous supposons dans tout ceci que la notion d'accélération possède une signification objective, en d'autres mots, qu'il est possible à un observateur lié à un système d'axes de savoir par l'expérience si le système est ou n'est pas animé d'un mouvement accéléré. A l'avenir nous ne considérerons que des systèmes d'axes non animés d'un mouvement accéléré ». Or le physicien ne peut pas supposer autrement l'accélération. L'accélération est un phénomène, un fait, étant un effet dynamo-cinétique réel, donc la signification d'une telle notion ne peut être qu'objective en physique. Quant à la force qui produit l'accélération elle est, elle aussi, objective, étant exercée par des pressions réelles produites par les chocs des points matériels électroniques, qu'il faut admettre si on tient compte du substratum mécanique qui existe forcément en tout phénomène physique.

La théorie de Lorentz n'admettant pas le principe de relativité, M. Einstein se demande s'il n'est pas possible de concilier les fondements essentiels de la théorie de Lorentz avec le principe de relativité? Et il y répond en ces termes : « Le premier pas à faire si l'on veut tenter une telle conciliation, *c'est de renoncer à l'éther* » et il le souligne. Or, on a vu dans les conclusions de ma dernière Note que cela n'est pas admissible d'après l'état actuel de nos connaissances expérimentales et théoriques. M. Einstein continue ainsi : « En effet, d'une part nous avons été obligés d'admettre l'immobilité de l'éther; d'autre part, le principe de relativité exige que les lois des phénomènes naturels rapportés à un système de coordonnées S′ animé d'un mouvement uniforme, soient identiques aux lois des mêmes phénomènes rapportés à un

[1] G. Castelnuovo. Le principe de relativité et les phénomèn s optiques. *Scientia*. Vol. IX, N, XVII-1, 1911.

[2] A. Einstein. Le principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne. *Archives*, T. XXIX, janvier 1910.

système S en repos par rapport à l'éther. Or, il n'y a pas de raison pour admettre l'immobilité de l'éther qu'exigent la théorie et l'expérience, plutôt par rapport au système S′ que par rapport au système S ; ces deux systèmes ne peuvent être distingués et il est dès lors bien choquant de faire jouer à l'un d'eux un rôle particulier en disant qu'il est immobile par rapport à l'éther. On en conclut qu'on ne peut parvenir à une théorie satisfaisante qu'en renonçant à un milieu remplissant tout l'espace. Tel est le premier pas à faire ». Comme ce premier pas est physiquement impossible, ni M. Einstein ni ceux qui le suivent ne pourront avancer en cette direction.

Mais comment se fait-il qu'ils se trouvent conduits à cette impasse? Examinons le texte que je viens de citer, la cause cherchée saute aux yeux. Le mathématicien, habitué à voir concrètes ses abstractions, ne s'est pas aperçu que pour démontrer l'impossibilité d'un fait réel, tel que celui de l'existence de l'éther, il l'a mis en contradiction avec deux faits irréalisables, c'est-à-dire non naturels, donc non physiques. Dans la nature il n'y a et il ne peut y avoir nulle part, ni un système comme celui qu'il indique par S, en repos par rapport à l'éther immobile, parce qu'il n'y a pas de repos absolu, et il en serait un, ni un système comme celui qu'il indique par S′, animé d'un mouvement uniforme, parce que tout système en mouvement étant mu par des activités qui lui sont extérieures, l'uniformité de la vitesse du déplacement n'est qu'apparente, jamais parfaite en réalité.

Voilà, comment un simple examen physique suffit pour montrer non seulement qu'on ne peut tirer rien de là contre l'éther, mais qu'au contraire il faut en tirer une confirmation de son existence, du moment que les activités extérieures nécessaires pour réaliser le déplacement du système S′, sont précisément les activités du milieu remplissant l'espace que M. Einstein voulait éliminer. Mais ces activités extérieures agissant sur tout système en mouvement, dont M. Einstein ne s'occupe pas, ont une importance telle au point de vue de l'interprétation physique de son premier postulat, et par conséquent de l'introduction en physique de la théorie de la relativité, qu'il en résulte que cette introduction en devient inadmissible. M. Max Abraham, après avoir cité le postulat d'Einstein, se pose les questions suivantes : « Maintenant un principe semblable s'applique-t-il à un système d'électrons? Si l'on attribue une existence réelle au champ électromagnétique dans l'espace, ou si on lui donne même un éther plus ou moins substantiel comme support, il semble que l'on devrait supposer de prime abord qu'un théorème de relativité ne peut valoir que si l'éther se meut avec les électrons. L'électrodynamique de Lorentz, sur laquelle se base la mécanique des électrons, admet au contraire

que l'éther ne participe pas au mouvement des électrons. Mais comment se fait-il alors qu'en réalité le mouvement d'un système reste caché aux observateurs participant à ce mouvement et qui suivent les phénomènes ayant lieu dans le système ? »[1] Or, toutes ces questions sont résolues par mon ancienne explication, que l'éther est immobile et mobile en même temps, il est immobile en bloc, c'est-à-dire en tant que masse, et mobile par ses éléments constitutifs. Ce n'est donc pas l'éther qui accompagne les corps ou les systèmes qui se déplacent, mais ses ondulations ; la riche variété de celles-ci, dont on découvre chaque jour des nouveaux types, suffit pour rendre compte de tous les mouvements, ceux des astres comme ceux des atomes et des électrons. Le mouvement d'un système reste caché aux observateurs qui participent à ce mouvement parce que l'éther immobile est intangible, aucune de ses parties n'étant jamais immobiles. Mais tout système en mouvement est un champ d'énergie qui réagit contre le champ d'énergie qui l'entoure et le transporte. Donc en général, comme deux champs d'énergie se compénètrent, les mouvements relatifs internes du système mobile en translation ne peuvent pas ne pas être modifiés par le champ extérieur qui le déplace. Il est alors inadmissible que les mouvements relatifs soient exactement les mêmes que dans le même système en repos. Cela suffit pour montrer que le cas considéré dans le postulat est purement abstrait et ne correspond à aucun des phénomènes réels dont s'occupe la physique.

Séance du 19 mars

L. Stern et F. Battelli. Influence de la destruction cellulaire sur les différents processus d'oxydation dans les tissus animaux. — B.-P.-G. Hochreutiner. Quelques observations sur la famille des Tiliacées. — Th. Tommasina. Le rôle du champ moteur et la théorie de la relativité.

L. Stern et F. Battelli. — *Influence de la destruction cellulaire sur les différents processsus d'oxydation dans les tissus animaux.*

Dans une série de travaux antérieurs nous avions montré que les oxydations dans les tissus des animaux supérieurs étaient produites en partie par des agents solubles et en plus grande partie par des agents insolubles restant adhérents aux tissus. Ces dernières substances avaient été désignées comme *oxydones* pour les distinguer des catalyseurs oxydants solubles, les oxydases.

[1] Max Abraham. Die neue Mechanik. *Scientia*, année 1914.

Les oxydones ont été distinguées en labiles et en stables. Les oxydones labiles auxquelles appartiennent la citricoxydone et le processus respiratoire fondamental ne se conservent pas longtemps dans les tissus après la mort de l'animal et sont détruites par un lavage un peu prolongé des tissus. Les oxydones stables par couche se gardent très longtemps dans les tissus et résistent à un lavage prolongé et répété. A ces dernières appartiennent la succinicoxydone et la phénylénediaminoxydone.

Quant à la nature de ces oxydones il paraît résulter des recherches faites sur l'influence de différentes substances — anesthésiques indifférents, aldéhydes, ferments protéolytiques et autres sur les oxydones que ces catalyseurs insolubles sont des substances protéiques ou sont liées aux substances protéiques. En effet tous les facteurs qui provoquent un changement d'état des protéines : dédoublement par la trypsine, coagulation par la chaleur, précipitation par les anesthésiques indifférents, etc. détruisent aussi bien les oxydones labiles que les oxydones stables. Les ferments oxydants solubles traités de la même façon étaient peu ou pas altérés.

Il restait encore à décider si l'action de ces catalyseurs insolubles est liée à une certaine structure physique de la cellule ou si ces catalyseurs peuvent agir indépendamment de la charpente cellulaire à laquelle elles paraissent fixées. En d'autres termes il fallait décider si on pouvait détruire la structure physique de la cellule tout en laissant intactes les oxydones.

Les seuls moyens utilisables dans ce but sont les moyens mécaniques.

Or dans nos différentes recherches antérieures les tissus étaient soumis à un broyage assez grossier qui dissociait le tissu sans altérer notablement les cellules mêmes.

Nous avons cherché à obtenir un broyage plus parfait pouvant amener une destruction aussi complète que possible des éléments figurés.

Après plusieurs essais avec différents modèles de broyeurs nous nous sommes arrêtés au broyeur Borel qui permet de détruire complètement les éléments morphologiques des tissus pourvu que le broyage soit suffisamment prolongé.

Après avoir soumis les différents tissus à un broyage plus ou moins prolongé nous avons examiné l'intensité des différents processus d'oxydation comparativement avec l'intensité de ces processus dans les tissus, broyés comme d'habitude dans la hacheuse ordinaire.

Nous avons passé ainsi en revue les muscles, le foie, le rein et le cerveau.

Voici les résultats généraux :

1) Les oxydones labiles : la citricoxydone et la respiration principale sont fortement diminuées ou abolies après un broyage de 1 minute, la structure cellulaire étant encore conservée en grande partie.

2) Les oxydones stables : la phénylènediaminoxydone et la succinicoxydone présentent une résistance bien plus grande, mais variable suivant les tissus. Ainsi le rein de bœuf, le foie et le cerveau de chien broyés pendant 5 minutes oxydent encore très fortement l'acide succinique et la p-phénylénediamine. Dans le muscle on observe une diminution assez forte de la succinicoxydone, tandis que la phénylénediaminoxydone reste intacte. Après un broyage de 4-5 minutes la stucture cellulaire étant complètement détruite. Toutefois il faut remarquer qu'il y a des exceptions. Dans quelques cas les oxydones stables sont fortement diminuées après un broyage de 2-3 minutes.

3) Les ferments oxydants solubles : l'alcooloxydase, l'uricoxydase de même que la respiration accessoire résistent assez bien à un broyage prolongé des tissus. Toutefois on observe un affaiblissement souvent assez considérable.

En résumé il résulte des expériences que l'action des oxydones stables est indépendante de la structure physique des cellules. Quant à la respiration principale et aux oxydones labiles nos expériences ne peuvent pas décider si leur abolition est due à la disparition de la structure de la cellule ou bien à l'intervention d'agents inhibiteurs. Ces agents interviennent déjà dans les conditions ordinaires après la mort et la destruction des cellules amenant un contact plus intime de ces agents avec les oxydones favorise leur action inhibitrice.

M. B.-P.-G. Hochreutiner communique le résultat de *quelques observations sur la Famille des Tiliacées.*

Il montre que la classification de cette famille est non seulement artificielle, mais que, souvent, les caractères attribués aux diverses tribus ne se vérifient pas chez les genres qu'on leur attribue. Par exemple le genre le plus nombreux de la tribu des *Tiliées* caractérisée par l'absence d'androgynophore, le genre *Torchorus* a précisément un organe de cette nature. Il est parfois extrêmement réduit, mais, en observant de près, on en trouve la trace. On pourrait multiplier de tels exemples.

L'auteur montre qu'on a eu tort de ne pas étudier la structure générale de la fleur au lieu de s'en tenir à des caractères particuliers. Si on étudie ce plan général on verra que les nectaires et l'androgynophore y jouent un grand rôle. En se basant sur ces considérations M. H., distingue 5 types de fleurs chez les *Tiliacées* comprises comme elles le sont actuellement.

1° La fleur simple, sans androgynophore à sépales libres, à pétales lancéolés non différenciés, pas de nectaires apparent et avec des étamines libres ou un peu coalescentes à leur base. Tribu des *Tiliées* amputées de la majorité de ses genres, mais comprenant encore *Tutelea, Honckenya, Schontenia, Tilia* et *Sparmannia.* Puis la tribu des *Apeibées* comprenant les *Glyphaea*, les *Apeiba* et peut-être aussi les *Ancistrocarpus.*

2° La fleur à chambre nectarifère constituée par le calice gamosépale portant les nectaires parfois très réduits à sa base et par l'androgynophore qui est parfois aussi extrêmement court, étamines à peu près libres à loges coalescentes au sommet, les pétales sont le plus souvent onguiculés. Tribu des *Brownlowiées* dont il faut en exclure d'abord *Thartocalyn* et *Pityranthe* non observés par l'auteur, mais qui n'ont pas les étamines caractéristiques de la tribu et ensuite *Carpodiptera* qui a la structure florale des *Tiliées.*

3° La fleur à chambre nectarifère constituée par les bases élargies des pétales qui portent les nectaires et par l'androgynophore lisse ou velu plus ou moins long, mais généralement un peu élargi à sa partie supérieure contre laquelle appuient les pétales. Les étamines sont fixées au sommet de l'androgynophore, mais elles sont généralement libres. Les sépales sont aussi libres. Ici se placent naturellement les *Grewiées* des auteurs, mais pour être exact il faut leur soustraire les genres *Grinocarpus, Triumfetta* et *Heliocarpus* et leur ajouter les genres *Triclospernium* et *Vasinaea.*

4° La fleur à chambre nectarifère constituée, comme précédemment, par les bases des pétales, mais dans laquelle les nectaires sont situés contre les parois de l'androgynophore. Comme précédemment aussi les étamines et les sépales sont libres Ce sont les *Héliocarpies,* tribu nouvelle proposée par M. Hochreutiner et comprenant les genres distraits de la tribu des *Grewiées* auxquels il faut ajouter les *Corchorus* et les *Corchoropsis.*

5° Fleurs sans chambre nectarifère bien close, étamines soudées toutes ensemble en un tube donnant l'apparence d'un androgynophore sans l'être, ou bien soudées en plusieurs groupes ressemblant chacun à un petit arbre ramifié et portant toujours des appendices staminodiaux. Pétales avec ou sans nectaire à la base, ou bien présentant un nectaire qui empiète sur le thalamus. Bref, fleur d'une apparence tout à fait hétérogène. Tels sont les *Luhea* et *Mollia* qu'il sera peut-être pratique de séparer des Tiliacées. Leur structure florole bizarre, leur port particulier et leur indument écailleux rappellent assez certaines *Bombacacées* pour qu'on examine sérieusement la possibilité de les rattacher à cette famille.

M. Th. Tommasina. — *Le rôle du champ moteur et la théorie de la relativité.* Cinquante-deuxième Note *sur la physique de la gravitation universelle.*

Henri Poincaré m'a fait l'honneur de me citer dans son ouvrage *Science et Méthode* et d'y résumer en quelques pages [1] ma théorie sous le titre de théorie Le Sage-Maxwell-Bartoli. En effet, comme je l'ai reconnu déjà, Le Sage doit être placé dans le nombre des précurseurs, ayant proposé, à l'aide de l'hypothèse de ses corpuscules ultramondains, un essai d'explication mécanique du phénomène de la gravitation. Quant à Maxwell et à Bartoli, bien qu'ayant les premiers établi théoriquement et indépendamment l'un de l'autre l'existence nécessaire d'une pression mécanique exercée sur tous les corps par la lumière et en général par toutes les radiations, à cause de leur mode de propagation, n'ont jamais, que je sache, écrit une ligne qui nous permette de supposer que, soit l'un, soit l'autre, ait entrevu la possibilité d'attribuer à la pression du rayonnement universel le mécanisme produisant la gravitation, donc le transport des astres de même que la pesanteur des corps. Ma théorie ne fait qu'utiliser leur découverte, confirmée expérimentalement après leur mort, et dans un but qui n'avait, à ma connaissance, été envisagé ni par eux, ni par aucun autre physicien ; elle est donc bien à moi.

J'ai déjà, dans ma huitième Note, répondu à Poincaré à propos de ses objections, je n'y reviens donc pas. Mais, je rappelle ici, à cause de son importance au point de vue de la théorie de la relativité, le *postulatum* fondamental de ma théorie qui est le suivant : Le rôle du champ que Faraday a introduit dans la physique de l'électricité et du magnétisme doit être élargi de façon à embrasser tous les phénomènes physiques et astro-physiques. Ce postulat comporte l'admission d'un champ moteur agissant comme transporteur de tout corps en mouvement de translation.

Le classique mémoire de Poincaré *sur la dynamique de l'électron* [2] commence par ces considérations : « Il me semble au premier abord que l'aberration de la lumière et les phénomènes optiques qui s'y rattachent vont nous fournir un moyen de déterminer le mouvement absolu de la terre, ou plutôt son mouvement, non par rapport aux autres astres, mais par rapport à l'éther. Il n'en est rien ; les expériences où l'on ne tient compte que de la première puissance de l'aberration ont d'abord échoué et l'on en a aisément découvert l'explication ; mais Michelson, ayant imaginé une expérience où l'on pouvait mettre en évidence les termes dépendant du carré de l'aberration, ne fut pas plus heureux. Il semble que cette

[1] Henri Poincaré, *Science et méthode.* Paris 1908, p. 267-271.

[2] Henri Poincaré, *C. R.*, t. CXL, 1905, p. 1504.

impossibilité de démontrer le mouvement absolu soit une loi générale de la nature ». En réalité une telle impossibilité n'est pas une loi, mais l'effet, la conséquence directe et forcée de la loi générale de la nature, que la philosophie avait reconnue avant la naissance des sciences expérimentales : que tout est en mouvement, de façon que chaque corps et chaque élément de corps possède un mouvement vrai absolu, duquel pourtant nous ne pourrons jamais établir ni la trajectoire, ni la vitesse vraies absolues. L'affirmation de ma précédente Note que l'éther est immobile en bloc, c'est-à-dire en masse, semble contradictoire avec cette loi, mais on comprendra que cette contradiction n'est qu'apparente si je fais observer qu'on peut attribuer l'immobilité même à l'univers, si l'on appelle ainsi l'ensemble de tout ce qui existe en comprenant l'au-delà du visible, de façon que l'univers visible n'en serait qu'une partie ; parce que l'illimité ne peut se déplacer. Poincaré continue ainsi : « Une explication a été proposée par Lorentz qui a introduit l'hypothèse d'une *contraction* de tous les corps dans le sens du mouvement terrestre ; cette contraction rendrait compte de l'expérience de Michelson et de toutes celles qui ont été réalisées jusqu'ici, mais elle laisserait la place à d'autres expériences plus délicates encore et plus faciles à concevoir qu'à exécuter, qui seraient de nature à mettre en évidence le mouvement absolu de la terre. Mais, si l'on regarde l'impossibilité d'une pareille constatation comme hautement probable, il est permis de prévoir que ces expériences, si l'on parvient jamais à les réaliser, donneront encore un résultat négatif. Lorentz a cherché à compléter et à modifier son hypothèse de façon à la mettre en concordance avec le postulat de l'impossibilité *complète* (c'est Poincaré qui a souligné) de la détermination du mouvement absolu ». Il faut entendre trajectoire et vitesse absolues, car toute translation qui n'est pas illusoire est un mouvement absolu, et la translation de la terre n'est pas illusoire étant démontrée par le déplacement apparent des constellations.

L'illustre mathématicien Vito Volterra[1] dans un volume qui vient de paraître sur Henri Poincaré, dit : « La pensée fondamentale de tout cet ensemble de recherches est qu'aucune expérience ne peut mettre en évidence le mouvement absolu de la terre. C'est ce qu'on appelle le *postulat de la relativité*. Lorentz avait montré que certaines transformations auxquelles on a donné son nom, n'altèrent pas les équations d'un milieu électromagnétique. Deux systèmes, l'un immobile, l'autre en translation, sont ainsi l'image

[1] Vito Volterra, Jacques Hadamard, Paul Langevin et Pierre Boutroux. — *Henri Poincaré, l'œuvre scientifique et l'œuvre philosophique.* Félix Alcan, Paris 1914, p. 36.

exacte l'un de l'autre, de sorte que l'on peut imprimer à tout système un mouvement de translation sans qu'aucun phénomène apparent soit modifié ». Or, il ne suffit pas d'imprimer un mouvement il faut le maintenir, et si l'on admet que le système immobile soit constitué par l'éther, milieu électromagnétique, un tel système ne sera jamais l'image exacte du système mobile en translation, soit-il la terre ou un simple électron.

Dans la question du mouvement de la terre on a oublié, ou l'on a cru pouvoir négliger, la cause mécanique de son déplacement, donc le mécanisme physique qui doit agir d'une manière continue sur la terre pour entretenir son mouvement de translation dans l'espace. Le déplacement de la terre ne pouvant pas se faire de par soi-même, il faut le considérer comme un transport, analogue au transport des ions dans l'électrolyse. Ce transport est fait précisément par l'activité électromagnétique de l'éther dans lequel la terre se trouve immergée. Des deux systèmes considérés, celui immobile est en réalité le système moteur, c'est le *champ moteur,* tandis que le système en translation est le système mû, c'est le corps mû, de façon que leur rôle n'est nullement réversible, et l'image de l'un n'a rien à voir avec celle de l'autre.

Cette fausse interprétation de la réalité physique des phénomènes dont on veut établir la dynamique explique pourquoi les récentes mécaniques se trouvent empêchées de jouer convenablement le rôle de remplaçantes des anciennes. M. Volterra dit qu'il est probable que la mécanique de la relativité est dès aujourd'hui une mécanique vieillie. Je la considère plutôt comme une mécanique spéciale, une mécanique à côté, jouant le même rôle que les géométries non euclidiennes par rapport à la géométrie classique.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

E. Rutherford. Radioaktive Substanzen und ihre Strahlungen, *Handbuch der Radiologie,* v. Dr E. Marx. B. II., 1 vol. gd 8° de 642 p. avec 127 fig. dans le texte, Leipzig Akademische Verlagsgesellschaft 1913.

La science toute nouvelle de la Radiologie, née il y a quelque vingt ans à la suite de la découverte des rayons cathodiques par Lehmann et à celle des rayons X par Röntgen, a pris un si extraordinaire développement durant cette courte période de temps, que le besoin s'est bien vite fait sentir de voir réunis en un corps de doctrine toutes ces connaissances nouvelles, tous ces faits expérimentaux renversant les notions les plus élémentaires et jusqu'à celle de la l'atome, base fondamentale de la physique et de la chimie. Bien des traités ont paru dans ces dernières années, donnant un exposé général de cette science qui, pour n'être encore que dans l'enfance, a cependant produit déjà une si riche moisson. M. Erich Marx, professeur à l'Université de Leipzig, nous en offre un nouveau qu'il veut absolument complet pour l'état actuel de la science. Comme celle-ci comprend déjà des spécialités assez diverses, il a tenu à aller, pour chacune d'elles, à la meilleure source d'information, de là une collection de monographies par un certain nombre de savants spécialistes dans la matière et point un traité proprement dit écrit par un seul auteur sur un plan unique, et cela n'est pas pour diminuer la haute valeur de l'œuvre, bien au contraire.

Le *Handbuch der Radiologie* — c'est son titre — comprendra quatre gros volumes qui contiendront : le tome I *la ionisation des gaz,* dû pour la plus grande partie à M. Townsend, avec la collaboration de MM. Geitel, Hagenbach, Haber, Marx et Richardson ; le tome II *les substances radioactives et leur rayonnement,* entièrement dû à la plume de M. Rutherford ; le tome III *la décharge dans les gaz raréfiés, les rayons cathodiques et les rayons Röntgen,* par MM. Bestelmeyer, Gehrcke, Hallwachs, Leithäuser, Marx, Seeliger et Wien ; le tome IV *théorie de l'électron et des rayons Röntgen,* par MM. Einstein, Föppl, Langevin, Lorentz, Riecke, Sommerfeld et Zeemann.

L'énumération seule des noms de ces divers auteurs en dit assez sur la valeur de cette publication.

Le volume que nous annonçons ici est le IIe, qui a été le premier prêt à paraître, étant l'œuvre d'un seul auteur et la traduction d'un ouvrage qu'il venait de publier et qu'il s'est borné à adapter lui-même au *Handbuch der Radiologie*. Personne en effet n'était mieux qualifié que M. Rutherford pour exposer ce beau et déjà si vaste sujet des corps radioactifs et de leurs radiations qu'il a si fort contribué à élucider, avec les Becquerel, les Curie et toute cette cohorte de chercheurs.

Cet ouvrage se recommande par lui-même et il serait superflu de le faire pour lui.

O.-C. Chwolson. Traité de physique. Ouvrage traduit sur les éditions russe et allemande par E. Davaux, tome V, 1er fasc. avec 36 fig. dans le texte, Paris, Librairie scientifique, A. Hermann et fils, 1914.

Nous avons toujours signalé à nos lecteurs au fur et à mesure de leur apparition les différents fascicules de l'édition française de ce traité, le traité de physique désormais classique du savant professeur de l'Université de St-Pétersbourg. Les dernières éditions, russe et allemande, sur lesquelles cette édition française a été traduite, ont été revues et considérablement augmentées par l'auteur. M. Davaux, le savant traducteur, l'a fait suivre de notes sur la physique théorique, dues à la plume de MM. E. et F. Cosserat.

Le fascicule que nous annonçons ici contient le livre III, le champ magnétique variable, chapitre Ier, introduction, remarques générales, le 2e Induction, le 3e Théorie de Maxwell, le 4e Fondements de la théorie électronique, le 5e Principe de relativité.

Ce nouveau fascicule recevra, du monde de la physique, le même accueil empressé que ses prédécesseurs.

J. Danne, J. de Nobele, P. Giraud, H. Coutard, G. Danne. Conférences de Radiumbiologie, faite à l'Université de Gand en 1913, 1 vol. 8o de 214 p., Severeyns édit., Bruxelles 1914.

Cet ouvrage publié par la Société belge de radiologie, société très vivante et qui a organisé plus d'un congrès international de radiologistes, est de la plus grande actualité. Il donne une série de conférences de radiumbiologie organisée à Gand en 1913 à l'occasion de l'exposition universelle et internationale qui avait lieu dans cette ville, par M. J. Danne, le savant directeur du laboratoire de Gif et du journal *Le Radium*.

M. J. de Nobele ouvrit la série en traitant des propriétés générales des corps radioactifs et commença par la description du laboratoire de radioactivité de Gif près Paris. Puis vinrent M. Giraud sur les applications médicales du rayonnement du radium ; M. J. Danne sur l'émanation du radium ; M. G. Danne sur l'instrumentation en radiumthérapie ; M. H. Coutard sur les applications médicales de l'émanation du radium et des autres corps radioactifs.

Le volume se termine par une liste bibliographique de 66 pages qui est certainement la plus complète qui existe pour ce genre de travaux.

On voit par là quelle précieuse documentation cet ouvrage offre au monde savant et au public ami de la science.

MINÉRALOGIE

Henry Le Chatelier, La silice et les silicates. Paris, A. Hermann et fils, éditeurs, 1914.

Le savant professeur de l'Ecole des Mines, a toujours soutenu l'opinion qu'il ne doit pas y avoir de distinction entre la science théorique et la science pratique. C'est conformément à ce principe qu'il a écrit son livre.

L'auteur y étudie tout d'abord, au point de vue chimique et physique, la silice et ses nombreuses variétés. Il donne à cet égard un grand choix de valeurs numériques, tirées des auteurs qu'il estime les meilleurs. Nous aurions désiré qu'à l'égard des propriétés optiques et des propriétés du verre de silice et de la cristobalite, les travaux faits hors de France fussent un peu mieux représentés. Mais ceci n'est pas une critique, ce n'est qu'un vœu.

L'auteur passe ensuite à l'examen physico-chimique des verres.

Après avoir donné leurs propriétés chimiques, il en étudie, avec un soin particulier, les propriétés physiques.

Il décrit les appareils scientifiques destinés à étudier les coefficients de dilatation, la dureté, etc. Plusieurs de ces appareils sont modifiés ou entièrement conçus par l'auteur. Cette partie de l'ouvrage constitue certainement celle qui a la plus grande valeur, et qui est la plus originale.

Passant à la notation chimique des silicates, M. Le Chatelier en fait voir les difficultés et les lacunes. Il critique, avec raison, les formules unitaires.

Il propose de modifier la classification des silicates de Vernadsky et ce changement est heureux et rationnel.

Il examine ensuite quelques silicates. Laissant aux minéralo-

gistes le soin de décrire les mille et une variétés des silicates naturels, il s'attache surtout à ceux dont la formule est nettement fixée : dont les propriétés physicochimiques sont nettes et répondent à un type chimique positif, et non pas à des mélanges.

L'auteur, toujours soucieux de la liaison de la science et de l'industrie, examine, plus à fond, les silicates qui présentent une certaine utilité pour l'homme.

Il s'en suit que les silicates de chaux, d'alumine, ont, par exemple, une monographie détaillée et fort précieuse pour l'industriel comme pour le savant. Ceci conduit à un chapitre, des plus intéressants, qui concerne la céramique, les briques réfractaires, les terres cuites, les couvertes.

De nombreuses valeurs numériques relatives aux températures, à la composition chimique, donnent à cette partie du livre une valeur spéciale.

Pour terminer, l'auteur parle succinctement des roches silicatées et s'étend un peu plus sur les laitiers de hauts fourneaux.

Ce livre doit être recommandé à tous ceux qui de près ou de loin, dans le laboratoire d'usine ou dans le cabinet professoral, s'occupent des silicates.

Il met au point de la science moderne, une classe de corps dont l'importance n'échappe à personne.

A. B.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE MARS 1914

Le 2, pluie et neige depuis 9 h. 15 m. du soir.
4, pluie de 4 h. à 7 h. du soir.
5, pluie dans la nuit, de 7 h. à 10 h. du matin et de 9 h. à 10 h. du soir.
6, pluie de 10 h. du matin à 1 h. du soir ; pluie dans la nuit.
7, pluie toute la journée.
9, gelée blanche le matin ; pluie dans la nuit.
10, pluie tout le jour.
12, pluie de 9 h. 40 m. à 10 h. du soir.
14, rosée le matin ; pluie de 5 h. 25 m. à 7 h. du soir.
16, pluie dans la nuit, de 7 h. du matin à 7 h. du soir.
18, gelée blanche le matin ; pluie de 7 h. à 10 h. du soir.
19, gelée blanche le matin ; pluie de 8 h. à 10 h. du soir.
20, pluie de 8 h. 30 m. du matin à 9 h. 45 m. du soir.
21, pluie et neige de 5 h. à 6 h. du soir ; pluie à 9 h. du soir.
22, pluie de 6 h. 35 m. à 7 h. 40 m. du soir.
24, pluie de 1 h. à 4 h. et de 7 h. 20 m. à 10 h. du soir.
25, pluie de 7 h. à 10 h. du matin et de 5 h. 45 m. à 7 h. du soir.
26, pluie de 7 h. à 10 h. du matin et de 7 h. à 10 h. du soir.
27, pluie et neige dans la nuit et de 7 h. à 11 h. du matin.
les 29 et 31, gelée blanche le matin.

GENÈVE — MARS 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	28.8	29.2	28.0	28.57	+ 2.74	27.7	29.3	ENE. 1	SSE. 1	S. 0	calme	1.5	10	4	0	4	5.2	....	....
2	25.8	25.4	26.9	26.11	+ 0.35	25.4	27.7	SE. 1	W. 1	NW. 1	var.	5.4	9	9	9	8	1.1	3.1	3
3	26.6	27 0	28.1	27.10	+ 1.40	26.4	28.4	N. 1	NNE. 2	NW. 0	NNE. 1	11.3	2	6	0	2	8.4	.. .	....
4	28 9	28.3	28.3	28.51	+ 2 87	28.1	29.1	SE. 1	W. 1	NNE. 0	W. 1	2.7	10	10	10	10	0.3	1.2	3
5	27.5	27.0	25.9	27.09	+ 1.51	25.5	28.3	E. 1	SSW. 1	WNW. 1	var.	4.0	10	9	10	10	0.0	4.2	7
6	23.4	22.4	21.9	23.09	- 2.44	21.5	25.6	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 1	12.4	10	10	8	10	0.0	11.3	9
7	23 1	23.8	24.9	23.54	- 1.93	22.2	25.4	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 2	17.2	10	10	10	10	0.1	8.7	14
8	25.4	24.4	24.7	24.81	- 0.60	23.6	25.5	SSW. 1	SSW. 2	SE. 1	SSW. 1	9.8	10	4	0	3	5.9	....	....
9	23.3	20.6	19.5	21.85	- 3.51	19.5	24.6	S. 0	SSW. 1	SSW. 1	var.	5.0	2	4	3	4	6.0	1.9	2
10	17.5	17.1	22.9	19.08	- 5.22	17.1	25.0	SSW. 1	W. 1	SE. 1	var.	8.6	9	10	10	10	0.0	**34.6**	**18**
11	25.6	27.9	31.0	27.47	+ 2 22	24.8	32.2	WSW. 1	NNW. 1	SE. 1	var.	4.0	8	8	2	6	3.1	....	....
12	32.3	32 6	32.6	32.58	+ 7.38	32.1	33.2	SSE. 0	SW. 1	W. 1	var.	3.1	0	10	10	8	2.4	0.6	1
13	33.7	32.8	32.5	33.14	+ 7.99	31.9	33.9	SSW. 0	N. 1	SSW. 0	N. 1	2.3	7	5	1	6	6.1	....	....
14	30.6	27.0	31.0	29.88	+ 4.78	25.9	33.1	S. 0	S. 1	SW. 2	SSW. 1	7.3	2	3	10	6	6.2	3.6	3
15	31.9	32.0	30.8	31.71	+ 6.66	30.3	32.6	S. 1	SSW. 1	NNE. 1	SW. 1	9.2	7	8	10	7	3.2	1.3	2
16	27 2	22.8	24.0	25.30	+ 0.29	19.9	30.3	SSW. 2	SSW. 2	SW. 1	SSW. 2	17.3	10	10	10	10	0.0	13.8	13
17	26.4	27.2	25.9	26.38	+ 1.42	24.9	27.4	NW. 1	SW. 1	NW. 1	var.	4.4	9	9	0	5	5.2	....	. ..
18	20.8	17.9	18.6	20.04	- 4.88	17.5	24.9	SSW. 0	SW. 2	NW. 0	SSW. 1	4.8	2	10	10	8	4.4	9.6	9
19	17.5	16.5	15.7	16.90	- 7.98	15.7	18.1	SW. 1	SSW. 2	SSW. 3	SSW. 2	13.3	3	3	10	6	7.2	0.9	2
20	12.5	9.6	10.9	11.77	-13.07	8.9	15 7	NE. 1	W. 1	SSW. 1	SSW. 1	9.8	9	10	10	9	0.0	11.4	10
21	12.4	13.8	17.0	13.80	-11.01	10.4	17.4	SSW. 2	SSW. 2	S. 1	SSW. 2	15.8	10	9	6	7	2.9	4.3	4
22	15.3	13.3	15.3	14.91	- 9.86	12.8	17.4	SSW. 1	SSW. 2	WSW. 1	var.	8.6	9	9	9	8	1.2	1.4	1
23	19.8	23.3	23.1	21.25	- 3.49	16.4	23.4	SSW. 2	SSW. 1	E. 0	SSW. 1	5.8	10	4	0	4	5.8	0.2	1
24	18.6	16.7	16.1	17.84	- 6.87	13.6	21.9	W. 1	SSW. 2	W. 1	SSW. 1	11.6	10	10	10	10	0.0	9.2	7
25	10.3	12.0	8.8	**10.62**	**-14.06**	**6.0**	13.6	NNE. 0	SSW. 1	SSW. 3	SSW. 1	11.8	10	6	8	9	3.2	11.2	9
26	12.2	13.0	15 6	13.37	-11.28	11.8	16.7	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 3	SSW. 2	**22.6**	10	10	10	10	1.9	21.1	11
27	18.5	21.1	25.4	20.78	- 3.85	16.7	26.7	SSW. 3	SSW. 1	SE. 1	SSW. 2	15.8	10	9	8	9	1.5	8.3	8
28	28.4	28.8	28.1	28.07	+ 3.47	26.7	29.1	SE. 0	NNW. 1	NE. 0	NNW. 1	6.3	10	1	0	2	8.3	....	....
29	28.3	27 7	28.7	28.11	+ 3.53	27.4	29.6	SE. 0	NE. 1	NNE. 1	NNE 1	3.8	0	0	9	3	**9.5**	....	.. .
30	32.9	34.5	37.1	33.88	+ 9.32	29.6	37.6	SSW. 0	NNE. 1	ENE. 0	NNE. 1	2.7	3	0	0	1	8.9	...	....
31	38.8	37.9	36.3	**37.55**	**+13.00**	36.0	**39.9**	S. 0	N. 1	NNE. 1	NNE. 1	3.9	0	0	0	0	10.2	....	....
Mois	24.00	23.68	24.38	24.03	- 1.00							8.45	7.1	6.8	6.2	6.6	118.5	161.2	137

Jour du mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 1.7	+ 8.7	+ 4.1	+ 6.21	+ 3.23	+ 2.4	+10.2	84	67	85	76	- 3	58	86	—	—	815
2	3.7	7.3	3.1	4.27	+ 1.18	+ 1.0	7.8	85	69	66	76	- 3	56	98	4.5	- 1.0	815
3	+ 0.8	1.6	1.2	2.17	- 1.03	- 0.5	5.3	77	48	63	68	-10	42	96	5.3	- 0.2	820
4	- 0.4	6.3	3.6	**2.14**	- 1.18	- **2.2**	6.7	89	58	88	80	+ 2	56	92	5.8	+ 0.3	815
5	+ 5.0	9.3	8.0	6.84	+ 3.41	+ 2.9	10.3	92	72	81	83	+ 5	68	93	6.3	+ 0.7	775
6	9.0	9.6	11.2	9.56	+ 6.01	7.2	11.5	73	86	85	80	+ 2	70	88	6.2	+ 0.6	830
7	10.8	11.7	10.6	10.91	+ 7.28	9.5	12.3	76	75	83	79	+ 2	70	88	6.5	+ 0.8	835
8	10.0	13.4	9.8	**11.20**	+ **7.42**	7.2	15.1	78	56	74	70	- 7	52	89	—	—	885
9	3.6	17.0	11.6	9.75	+ 5.85	2.3	17.5	90	32	68	69	- 8	32	92	6.5	+ 0.7	925
10	11.0	10.0	3.4	8.84	+ 4.82	2.3	12.3	82	92	98	**85**	+ 8	72	**99**	6.7	+ 0.9	925
11	+ 2.5	5.7	2.8	3.71	- 0.43	+ 0.8	7.3	96	38	66	73	- 3	35	98	6.2	+ 0.3	965
12	- 1.2	8.2	7.8	4.29	+ 0.03	- 1.8	9.2	88	41	52	62	-11	40	88	6.5	+ 0.6	1016
13	+ 7.2	13.0	8.9	9.31	+ 4.93	+ 6.0	14.8	71	56	78	69	- 7	55	87	6.7	+ 0.7	1030
14	5.1	18.4	9.0	10.37	+ 5.86	4.2	**19.2**	94	40	56	68	- 8	37	96	6.7	+ 0.7	1045
15	7.0	8.4	8.0	7.91	+ 3.28	5.5	10.6	60	58	61	**58**	**-17**	41	70	—	—	1015
16	7.1	10.4	7.3	8.19	+ 3.41	+ 3.8	11.0	78	73	68	69	- 6	56	80	6.7	+ 0.5	1090
17	+ 3.0	6.3	2.2	3.63	- 1.25	- 0.7	7.2	78	52	66	71	- 4	48	87	6.5	+ 0.3	1070
18	- 0.9	10.4	1.5	2.65	- 2.35	- **2.2**	10.4	84	28	98	73	- 2	**28**	98	6.5	+ 0.2	1190
19	+ 2.3	8.7	6.3	4.29	- 0.81	+ 0.8	9.3	80	33	55	70	- 4	31	98	6.5	+ 0.2	1165
20	6.3	7.2	5.9	6.10	+ 0.81	4.5	8.5	70	85	74	80	+ 6	68	97	6.5	+ 0.1	1230
21	3.7	8.4	2.2	4.81	- 0.57	1.5	8.4	71	41	93	68	- 6	38	97	6.2	- 0.3	1170
22	3.3	7.9	4.1	5.15	- 0.36	2.0	8.8	78	47	83	69	- 5	41	90	—	—	1230
23	3.6	9.0	3.4	5.37	- 0.27	2.0	10.2	87	40	73	70	- 3	38	93	6.7	+ 0.1	1175
24	2.1	8.3	6.4	4.61	- 1.13	0.3	9.3	90	66	80	80	+ 7	64	92	6.0	- 0.7	1225
25	5.0	10.6	10.2	8.15	+ 2.25	4.2	12.2	95	70	60	76	+ 3	60	97	6.8	+ 0.1	1215
26	5.1	8.0	4.8	5.36	- 0.67	2.8	10.0	73	58	76	73	0	53	86	6.2	- 0.6	1175
27	2.2	6.1	3.5	3.79	- **2.38**	1.0	6.5	88	67	91	83	**+10**	65	98	6.5	- 0.4	1265
28	+ 2.6	7.2	4.0	4.59	- 1.71	+ 2.0	7.8	96	48	68	74	+ 1	45	97	6.2	- 0.8	1325
29	- 0.1	7.6	7.3	4.33	- 2.10	- 1.8	8.8	87	46	64	68	- 4	36	89	—	—	1285
30	+ 1.8	11.1	7.5	8.32	+ 1.76	+ 3.2	13.8	87	44	71	66	- 6	41	90	6.6	- 0.5	1265
31	3.5	+13.2	+ 9.0	+ 8.09	+ 1.39	1.5	+15.3	88	47	77	72	0	45	91	7.2	0.0	1260
Mois	+ 4.27	+ 9.42	+ 6.09	+ 6.29	+ 1.69	+ 2.31	+10.58	83	56	72	73	- 2			6.35	+ 0.23	1060

MOYENNES DE GENEVE. — MARS 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc	25.63	25.13	25.01	25.03	24.53	24.35	24.83	25.29	24.97
2e »	26.95	26.26	25.84	25.81	24.62	24.10	25.11	25.45	25.52
3e »	21.05	20.85	21.41	22.10	22.04	21.91	22.33	22.97	21.83
Mois	24.43	23.91	24.00	24.24	23.68	23.40	24.04	24.52	24.03

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 5.85	+ 5.51	+ 5.82	+ 8.06	+ 9.79	+ 9.15	+ 7.43	+ 5.93	+ 7.19
2e »	4.06	3.70	3.84	6.85	9.67	8.32	6.56	5.35	6.04
3e »	3.57	2.86	3.25	6.28	8.85	8.65	6.75	5.31	5.69
Mois	+ 4.46	+ 3.99	+ 4.27	+ 7.04	+ 9.42	+ 8.70	+ 6.91	+ 5.52	+ 6.29

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	82	84	83	71	66	68	75	84	77
2e »	78	81	80	69	50	61	64	71	69
3e »	83	85	85	69	52	58	72	77	73
Mois	81	83	83	70	56	63	70	78	73

Dans ce mois l'air a été calme 183 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{28}{126} = 0.22$

Moyennes des 3 observations (7^h, 1^h, 9^h)

		mm
Pression atmosphérique		724.02
Nébulosité		6.7
Température	$\frac{7+1+9}{3}$	+ 6°.59
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	+ 6°.47
Fraction de saturation		70 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér.	(1836-1875)	725.03
Nébulosité	(1847-1875)	6.1
Hauteur de pluie	(1826-1875)	47mm.3
Nombre de jours de pluie	(id.)	10
Température moyenne	(id.)	+ 4°.60
Fraction de saturat.	(1849-1875)	75 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	242.7	195.7	185.3	162.6	200.0	180.2	177.0

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	161.2	161.9	141.6	132.9	161.9	195 8

Insolation à Jussy : 84.2 h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE MARS 1914

Le 2, très forte bise et brouillard.
les 3 et 4, très forte bise, brouillard et neige
5, 6, 7 et 8, neige.
le 9, fort vent et brouillard.
10, neige et fort vent.
11, forte bise, brouillard et neige.
les 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 et 28, neige.
7, 16, 17, 18, 27 et 28, très forte bise.
9, 10, 20 et 24, très fort vent.
17, 23 et 28, brouillard.

GRAND SAINT-BERNARD — MARS 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	63 6	63 9	63.0	63.5	+ 3.8	59.8	64.0	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	1	1	0	1	.. .	....
2	59.7	59.0	58.6	59.1	- 0.6	58.0	59 8	NE. 1	NE. 3	NE. 4	NE. 3	5	10	10	8	5.0	10
3	57.0	57.6	59.0	57.9	- 1.8	57.0	59.4	NE. 4	NE. 3	NE. 4	NE. 4	9	7	10	9	1.2	5
4	59.8	60.0	61 7	60.5	+ 0.8	59.4	62.1	NE. 3	NE. 5	NE. 4	NE. 4	10	10	10	10	3.4	7
5	62.4	62.8	62.5	62 6	+ 2.9	62.0	62 8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	2	7	2.1	5
6	60.4	60.0	60.1	60.2	+ 0.5	60.0	62.0	NE. 1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	50.1	45
7	59.5	60.6	62.4	60.8	+ 1.1	59.5	62.5	NE. 4	NE. 3	NE. 2	NE. 3	10	10	10	10	104.2	71
8	62.2	62.8	63.3	62 8	+ 3.1	62.1	63.3	NE. 1	NE. 0	SW. 2	var.	3	0	1	1	....	....
9	63.2	62.8	61 2	62.4	+ 2.7	60.2	63 3	SW. 1	SW. 1	SW. 4	SW. 2	2	3	10	5	16.0	15
10	58.8	58.3	57.1	58.1	- 1.6	57.1	60.2	SW. 3	SW. 4	NE. 1	SW 3	10	10	10	10	84.0	42
11	58.0	59.5	61 3	59.6	- 0.1	57.6	62.1	NE. 2	NE. 2	NE. 4	NE. 3	10	10	10	10	4 8	6
12	64.1	66.1	68 2	66.1	+ 6.4	62.1	68.6	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE 1	0	10	10	7	6.4	5
13	68.9	69.7	70.4	69.7	+ 10.0	68.6	70 4	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	7	8	1	5	....	.. .
14	68.8	67.5	65.0	67.1	+ 7.4	65.9	69.8	NE. 0	NE. 1	SW. 1	var.	0	1	10	4	8.2	16
15	65.0	65.3	65.4	65.2	+ 5.5	64.6	65.4	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	8	2	10	7	....	....
16	63 0	60.8	57.7	60.5	+ 0.8	57.2	64.6	NE. 1	NE. 1	NE. 5	NE. 2	10	10	10	10	50.0	21
17	56.7	58.2	58 1	57.7	- 2 1	56.7	58.3	NE. 5	NE. 5	NE. 4	NE. 5	10	10	5	8	1.8	3
18	56.3	56.4	54.3	55.7	- 4.1	53.4	57.7	NE. 1	NE. 2	NE. 5	NE. 3	4	2	10	5	8.0	15
19	52.1	52.4	53.4	52.6	- 7.2	52.0	53.4	NE. 0	NE. 1	SW. 1	var.	10	0	10	7	3.9	5
20	53.3	51.8	49.4	51.5	- 8.3	48.6	53.4	SW. 3	SW. 3	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	7.2	10
21	47.7	50.2	53.1	50.3	- 9.6	**47.7**	53 2	SW. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	9	10	10	11.4	13
22	51.8	51.4	52.3	51.8	- 8.1	51.4	53.3	SW. 1	SW. 1	SW. 0	SW. 1	2	8	8	6	1.2	3
23	54.5	56.8	58.0	56.4	- 3.5	53.3	58.0	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	10	0	4	....	....
24	56.4	55.7	53.8	55.3	- 4.7	52.2	57.4	SW. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	13.4	22
25	49.8	50.8	49.3	**50.0**	- 10.0	49.0	52.5	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	15.8	15
26	48.5	50.2	51.2	**50.0**	- **10.1**	48.5	52.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	40 0	58
27	52.9	51.7	57 6	55.1	- 5.0	52.0	58.6	NE. 2	NE. 3	NE 4	NE. 3	10	10	10	10	15.8	16
28	59.7	61.4	61.8	61.0	+ 0.9	58.6	62.1	NE. 4	NE. 1	NE. 1	NE. 2	10	10	0	7	....	...
29	62.5	63.7	66.0	64.1	+ 3.9	62.1	66.7	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	1	4	2	....	....
30	67.1	69.3	71.8	69.4	+ 9.2	66 7	72.6	NE 1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	7	0	0	2	....	...
31	73.6	74.6	74.2	**74.1**	+ **13.8**	72.6	**74.7**	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
Mois	59.27	59.81	60.04	59.71	00.0							6.8	6.8	7.1	6.9	453.0	408

GRAND SAINT-BERNARD — MARS 1914

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	- 5.5	- 1.6	- 5.5	- 4.2	+ 4.0	- 6.6	- 1.0	68	62	71	67	57	83
2	- 8.6	- 7.8	- 12.5	- 9.6	- 1.4	- 13.4	- 7.6	92	88	90	90	84	95
3	- 14.2	- 10.5	- 13.7	**- 12.8**	**- 4.7**	- 14.2	- 9.3	89	85	85	86	80	93
4	- 13.2	- 13.6	- 8.2	- 11.7	- 3.6	- 14.4	- 7.8	85	86	88	86	82	91
5	- 6.2	- 1.7	- 4.2	- 4.0	+ 4.0	- 7.8	- 0.8	89	78	80	82	70	93
6	- 4.0	- 0.4	- 1.8	- 2.1	+ 5.8	- 4.2	+ 0.2	90	84	95	90	68	98
7	- 3.8	- 1.7	- 2.9	- 2.8	+ 5.1	- 4.0	- 1.5	94	92	92	93	90	96
8	- 2.3	+ 2.6	- 0.4	0.0	+ **7.8**	- 2.5	+ 3.4	87	43	13	48	28	91
9	- 2.7	+ 0.3	- 2.9	- 1.8	+ 5.9	- 3.1	+ 0.7	41	47	97	65	**10**	98
10	- 3.4	- 2.2	- 3.4	- 3.0	+ 4.6	- 5.8	- 2.0	96	96	94	**95**	40	**99**
11	- 10.1	- 6.1	- 12.9	- 9.7	- 2.1	- 13.5	- 4.4	90	91	86	89	82	94
12	- 12.1	- 0.6	- 2.0	- 4.9	+ 2.6	- 13.9	- 0.4	68	80	84	77	66	88
13	- 2.7	+ 1.5	- 0.4	- 0.5	+ 6.9	- 2.9	+ 1.8	94	74	74	81	67	96
14	- 0.7	+ 1.1	- 1.8	- 0.5	+ 6.8	- 5.2	+ 2.2	56	66	90	71	51	92
15	- 8.6	- 4.6	- 8.2	- 7.1	+ 0.1	- 8.7	- 1.7	86	66	88	80	57	94
16	- 4.4	- 2.0	- 5.6	- 4.0	+ 3.1	- 8.5	- 1.1	79	86	90	85	60	93
17	- 11.0	- 10.2	- 13.2	- 11.5	- 4.5	- 14.2	- 8.5	87	82	84	84	80	91
18	- 13.3	- 9.7	- 10.7	- 11.2	- 4.2	**- 14.6**	- 8.0	29	64	85	59	27	88
19	- 10.2	- 8.4	- 10.5	- 9.7	- 2.8	- 10.7	- 7.0	82	72	78	77	50	86
20	- 8.9	- 8.6	- 8.5	- 8.7	- 1.9	- 10.7	- 8.3	89	89	89	89	86	93
21	- 10.1	- 6.3	- 11.7	- 9.4	- 2.7	- 11.7	- 5.4	89	68	83	80	58	92
22	- 11.9	- 8.3	- 10.7	- 10.3	- 3.7	- 12.3	- 8.0	80	64	87	77	63	90
23	- 10.2	- 5.4	- 10.4	- 8.7	- 2.2	- 10.6	- 4.8	72	72	28	57	27	81
24	- 10.2	- 8.6	- 8.3	- 9.0	- 2.6	- 10.4	- 6.1	83	87	89	86	29	92
25	- 6.8	- 1.9	- 5.7	- 4.8	+ 1.5	- 7.0	- 0.8	89	75	72	79	57	91
26	- 9.4	- 8.2	- 9.6	- 9.1	- 2.9	- 9.8	- 6.5	77	77	78	77	75	83
27	- 10.2	- 7.2	- 9.6	- 9.0	- 3.0	- 10.3	- 6.8	82	81	84	82	80	87
28	- 10.6	- 5.5	- 10.8	- 9.0	- 3.1	- 11.1	- 5.0	84	86	58	76	27	90
29	- 7.7	- 0.6	- 4.7	- 4.3	+ 1.5	- 10.9	0.0	18	27	26	**24**	15	59
30	- 5.9	- 0.4	- 3.3	- 3.2	+ 2.5	- 6.3	+ 0.6	77	64	77	73	59	83
31	- 1.4	+ 3.5	+ 0.5	+ **0.9**	+ 6.5	- 3.8	+ **6.4**	34	39	65	46	26	74
Mois	- 7.75	- 4.29	- 6.89	- 6.31	+ 1.01	- 9.13	- 3.15	77	73	77	76		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MARS 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	60.66	60.78	60.89	60.78	83	76	80	80
2e »	60.62	60.77	60.32	60 57	76	77	85	79
3e »	56.77	58.07	59.01	57.95	71	67	68	69
Mois	59.27	59.81	60.04	59.71	77	73	77	76

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 6.39	— 3.66	— 5.55	— 5.20	— 5.29
2e »	— 8.20	— 4.76	— 7.38	— 6.78	— 6.93
3e »	— 8.58	— 4.45	— 7.66	— 6.90	— 7.09
Mois	— 7.75	— 4.29	— 6.89	— 6.31	— 6.45

Dans ce mois l'air a été calme 118 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{129}{35} = 3.69$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	199.5	105.2	108.3	453.0
Neige en centimètres....	3	40	92	408

INTERFÉRENCES

DES

RAYONS RÖNTGEN[1]

PAR

W. FRIEDRICH

(Avec la planche VIII).

Avant d'aborder mon sujet proprement dit, c'est-à-dire avant d'examiner les renseignements que peuvent nous fournir les phénomènes d'interférence des rayons Röntgen sur le spectre et la longueur d'onde de ceux-ci, je vais décrire brièvement le

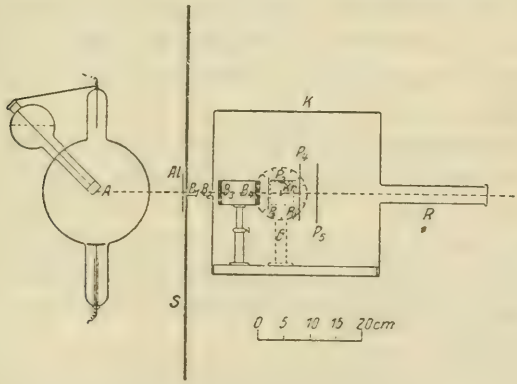


Fig. 1

dispositif que M. Knipping et moi avons employé lors de la découverte de ces phénomènes.

Ce dispositif était extrêmement simple et les parties essentielles en sont représentées sur la fig. 1. Le cristal Kr avec

[1] Conférence faite à la 85e Assemblée des Naturalistes et Médecins allemands, tenue à Vienne en 1913.

lequel les recherches doivent être faites, et qui, en général, se présente sous la forme d'une mince plaque (environ 1 mm.) de quelques millimètres carrés, est fixé de la manière usuelle au support du goniomètre G (indiqué sur la figure simplement par un cercle) avec un peu de cire, et peut recevoir ainsi toute orientation voulue. A travers le cristal passe un étroit faisceau de rayons Röntgen, provenant des rayons partis de l'anticathode A du tube, et pouvant être diaphragmés au moyen de quelques diaphragmes épais en plomb $B_1 - B_4$. Devant et derrière le cristal ainsi qu'au-dessus et sur les côtés de celui-ci, à quelques centimètres de distance, il y a des plaques sensibles $P_1 - P_5$ enveloppées dans du papier noir et placées perpendiculairement resp. parallèlement au faisceau primaire. Ces plaques sont destinées à recevoir les images d'interférences qui pourraient se produire. Une forte enveloppe de plomb K et un grand écran en plomb S, protègent le tout contre des rayons parasites.

Comme des propriétés connues des rayons Röntgen faisaient supposer que les temps d'exposition seraient assez considérables, il était nécessaire d'utiliser des tubes refroidis par un courant d'eau ou d'air et pouvant supporter longtemps une forte charge.

Dans les premières recherches, les tubes étaient alimentés au moyen d'un grand inducteur à étincelle. Plus tard, on employa un « Appareil Idéal », c'est-à-dire, un transformateur avec redresseur dans le secondaire, que la Maison Reiniger, Gebbert et Schall avait mis très obligeamment à notre disposition. Cet appareil est tout à fait remarquable pour l'alimentation rationnelle des tubes.

Des résultats préliminaires, je ne vous en montrerai que deux images. D'abord la photographie sur laquelle les phénomènes d'interférences furent découverts (fig. 2, pl. VIII). Certes, la régularité dans la disposition des maxima fait défaut, ainsi que la netteté qui frappa plus tard l'observateur sur les clichés suivants, ce qui ne peut étonner si l'on pense à l'orientation non appropriée que devait avoir le cristal de sulfate de cuivre par rapport à la direction du faisceau primaire. Cependant, on peut déjà en déceler des indices. Mais c'est seulement lorsqu'on

eut utilisé la blende de zinc que se manifesta cette image à la symétrie admirable, que je vais vous montrer maintenant (fig. 3, pl. VIII).

Que nous apprennent ces phénomènes sur le spectre des rayons Röntgen et que pouvons-nous dire sur la grandeur de la longueur d'onde? Demandons-nous d'abord si le spectre de ces rayons est un spectre continu ou s'il est plutôt de la nature d'un spectre de lignes.

Les figures d'interférences, avec leurs maxima très marqués, pourraient nous faire croire que le spectre est un spectre de lignes discontinu. M. Laue croyait, en effet, que sa théorie dans sa forme primitive, n'était guère compatible avec l'hypothèse d'un spectre continu. Car, si tous les éléments du réseau agissent ensemble, comme le veut la théorie de M. Laue, et si l'on suppose le spectre étendu et continu, c'est-à-dire, toutes les longueurs d'onde possibles présentes, le nombre des directions suivant lesquelles les trois conditions de maximum sont remplies, serait si considérable que la plaque photographique toute entière devrait être noircies uniformément, s'il n'y avait pas de causes pour restreindre la formation des interférences.

Cependant, toute une série de phénomènes nous apprend que le spectre doit être effectivement un spectre continu. Permettez-moi de remettre à plus tard l'étude des circonstances qui peuvent écarter les difficultés existant entre la théorie et l'expérience.

Comme la conférence de mon collaborateur[1] vous l'aura montré, l'expression $\frac{\lambda}{a}$, c'est-à-dire $\frac{\text{longueur d'onde}}{\text{constante du réseau}}$, est complètement déterminée, pour tout point d'interférence, par l'orientation du cristal, par la position de ce point sur la plaque photographique ainsi que par la distance de celle-ci au cristal. Il s'en suit qu'à tout maximum d'interférence, correspond une longueur d'onde bien déterminée. Si l'on change l'orientation du cristal, l'image d'interférence se déplace sur la plaque, et, pour toute position d'un maximum, nous avons en général une

[1] M. von Laue, Interférences des rayons Röntgen, *Archives,* décembre 1913.

autre valeur de $\frac{\lambda}{a}$; comme, d'autre part, a est resté le même, il faut que λ ait changé. Le déplacement des maxima d'interférences, lorsqu'on tourne le cristal, est tout à fait continu, comme l'ont montré des recherches photographiques et, particulièrement, l'examen à l'aide d'un écran fluorescent, ce qui démontre bien l'existence d'un spectre continu. Si le spectre était du genre des spectres de lignes, les maxima devraient au contraire apparaître et disparaître par bonds.

MM. W. H. et W. L. Bragg[1] et plus tard MM. Moseley et Darwin[2] ont mis en évidence d'une façon élégante la présence du spectre continu. Particulièrement les deux derniers de ces observateurs ont fait une étude approfondie de la question, et ont obtenu des résultats remarquables. A côté du spectre continu, tous ces savants ont établi l'existence, dans le spectre,

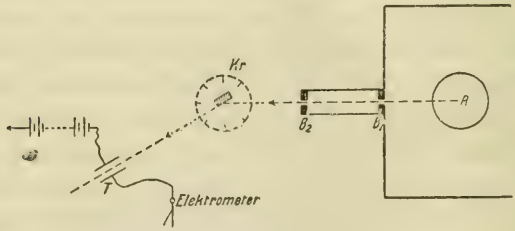


Fig. 4

de maxima en forme de lignes, dont la position et l'intensité dépendent de la matière de l'anticathode. Je reviendrai plus loin sur celle-ci.

En ce qui concerne la construction du dispositif avec lequel l'intensité des maxima a été mesurée par la méthode d'ionisation, donc par voie électrique, l'auteur et ses collaborateurs se sont basés sur les idées de Bragg concernant les phénomènes d'interférence, idées suivant lesquelles les maxima doivent être considérés comme les traces du faisceau primaire réfléchi sur des plans cristallographique possibles. La figure 4 vous montre

[1] W. H. et W. L. Bragg, *Proc. Roy. Soc.*, 1913, **88**, 428.
[2] H. G. J. Moseley et C. G. Darwin, *Phil. Mag.*, 1913, **26**, 210.

le dispositif schématisé. Par les deux diaphragmes en forme de fente, B, un étroit pinceau de rayons provenant du tube R, est diaphragmé et vient tomber sur une large face d'un cristal K installé sur un goniomètre. Les rayons réfléchis sur cette face rencontrent un détecteur T. Là, par une utilisation appropriée des rayons secondaires et de l'ionisation par chocs, l'action extrêmement faible du rayonnement — il n'y a environ que $^1/_{1500}$ des rayons incidents qui sont réfléchis — se trouve suffisamment renforcée pour pouvoir être déterminée quantitativement. On accroît encore l'exactitude en employant une méthode de zéro.

De cette manière, on a mesuré l'intensité du rayon réfléchi ainsi que la variation de l'absorption des rayons réfléchis dans l'aluminium, de l'incidence rasante jusqu'à un angle d'inci-

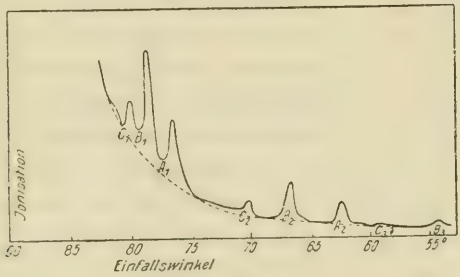


Fig. 5

dence d'environ 60°. On a encore, de la sorte, constaté la présence d'un spectre continu et même, comme il semble, d'intensité croissante jusqu'à une chute brusque vers les petites longueurs d'onde. Pour la première fois on a pu mettre également en évidence le fait depuis longtemps présumé que le coefficient d'absorption des rayons Röntgen donne une mesure pour leur longueur d'onde : ce coefficient est d'autant plus faible que la longueur d'onde est plus petite. Les figures 5 et 6 vous montrent la variation de la réflexion sur une face de sel gemme (100). Sur la première de ces figures, qui provient d'un travail de M. Bragg, vous voyez la variation de la réflexion du spectre continu (strié dans plusieurs de ses parties). A côté, il

y a la série des maxima assez nets, dont j'ai déjà parlé. Sur la figure 6, ces maxima qui, du reste, ont pu être obtenus beaucoup plus nets par MM. Moseley et Darwin grâce à leur dispositif perfectionné, ont été laissés de côté, de sorte que la courbe ne concerne que le spectre continu.

Les maxima représentent les rayonnements caractéristiques de la matière de l'anticathode et, par là aussi, la théorie a reçu une belle confirmation.

Dans la conférence de M. Laue, on vous a montré que la réflexion des rayons Röntgen sur de telles surfaces ne peut être assimilée à la réflexion ordinaire de l'optique, mais que la longueur d'onde joue, dans ces phénomènes, un rôle important. Nous avons à faire ici à un phénomène analogue aux interférences produites par des réflexions sur une lame de verre plan-parallèle, ou, ce qui est plus juste encore, à la réflexion de la lumière dans le procédé Lippmann de la photographie en couleur. La loi valable dans ce cas vous a déjà été indiquée dans la conférence de M. Laue et s'exprime par

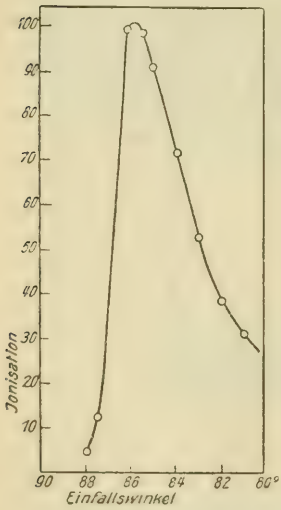


Fig. 6

$$n\lambda = 2d \cos \varphi ,$$

où φ est l'angle d'incidence, d, la distance du plan réfléchissant, et n, un nombre entier. Les maxima du rayonnement caractéristique indiqués plus haut ont pu être classifiés en déterminant le coefficient d'absorption, et MM. Bragg ont pu obtenir trois sortes de pouvoirs de perméabilité différents. Ils sont désignés par A, B et C sur la figure 5. Vous voyez maintenant ce beau résultat : après un angle déterminé, le genre de rayons (longueur d'onde) correspondant au maximum A, revient, et l'angle concorde exactement avec la formule ci-dessus. Il en est de même pour les maxima B et C, où nous pouvons même constater trois ordres différents. MM. Moseley et Darwin ont pu isoler cinq sortes différentes de rayonnements caractéristiques dans le spectre des rayons Röntgen qu'ils utili-

sèrent, et contrôler ainsi la théorie. Suivant une courte communication de M. J. Herweg, les différentes sortes de rayonnements caractéristiques apparaissent également sur la plaque photographique sous forme de lignes nettes se détachant sur le fond continu du spectre.

On est naturellemet conduit à penser que ces rayonnements caractéristiques devraient aussi jouer un rôle dans la formation de nos images interférentielles symétriques, particulièrement en ce qui concerne l'intensité de chacun des maxima. Ceci ne paraît cependant pas être le cas. J'ai exposé la blende (ZnS) aux rayons, parallèlement à une arête du cube avec des anticathodes faites de substances tout à fait différentes. Les images obtenues furent toutes identiques. Des différences dans l'intensité relative des maxima situés sur des anneaux différents, ne purent être trouvées, quoique ces différences auraient dû infailliblement se produire si le rayonnement caractéristique de l'anticathode avait joué le rôle attendu. Seule l'intensité d'ensemble était fortement dépendante de la substance de l'anticathode. Ceci peut s'expliquer en admettant que le spectre continu, dont provenaient les longueurs d'onde appartenant à chacun des maxima, a une intensité différente selon la substance employée, mais que la position de son maximum produisant l'intensité des taches sur le photogramme, est indépendante de la substance de l'anticathode et, vraisemblablement, n'est conditionnée que par la tension du tube. Les longueurs d'onde du rayonnement caractéristique sont probablement trop grandes pour être mises en évidence sur les images photographiques[1]. Elles sont diffractées trop loin et ne peuvent atteindre la plaque. C'est seulement par la réflexion sur des faces, resp. sur des plans cristallographiques dont la distance les uns aux autres est relativement très grande à cause de leur couche dense de molécules, que ces rayons peuvent être révélés.

Je voudrais rappeler ici un phénomène d'interférence que j'ai découvert avec des cristaux, il y a longtemps déjà, et qui

[1] Cf. aussi les valeurs de λ données par M. Laue et par MM. Moseley et Darwin.

permet également de tirer des conclusions sur le spectre des rayons primaires.

Si les temps d'exposition sont très longs, il apparaît sur la plaque photographique, autour de la trace du rayon primaire, des bandes en forme d'étoile et régulièrement distribuées. Avec la sylvine et le sel gemme, ce phénomène est particulièrement marqué et il arrive que chaque maximum d'interférence se trouve à l'intérieur d'une de ces bandes s'étendant radialement vers la trace du rayon primaire. La figure 7, pl. VIII, vous montre une de ces photographies prise avec la sylvine traversée par des rayons inclinés de 7° sur la face du cube. Malheureusement, la reproduction ne donne pas les détails importants de ce phénomène. Je crois, conformément à une supposition qui m'a été communiquée verbalement par M. Sommerfeld, que ces bandes sont les spectres des réseaux croisés provenant de chacune des couches de molécules. Naturellement, la distribution spectrale de l'intensité toute entière doit apparaître dans ces spectres, particulièrement dans ceux d'ordres inférieurs qui n'empiètent pas encore les uns sur les autres. De même, il faut que les rayonnements caractéristiques de l'anticathode apparaissent comme maxima d'intensité, et, en effet, j'ai obtenu, par des mesures photométriques, l'indication de ces maxima dans les spectres des réseaux croisés. L'étendue de ces spectres démontre qu'il existe des zones spectrales continues. Vous voyez ici comment, par l'action du réseau, une longueur d'onde déterminée se trouve isolée de ces spectres de réseaux croisés.

A l'aide de la figure, je pourrais vous montrer que d'autres conséquences de la théorie des réseaux croisés sont confirmées. Mais le temps me manque pour le faire, et je dois par suite renvoyer cette étude à une publication ultérieure.

Eu égard au grand nombre de faits qui parlent en faveur d'un spectre continu des rayons issus d'un tube Röntgen, je vais revenir maintenant sur la difficulté qui se présente dans la théorie de Laue lorsqu'on admet la continuité du spectre. La

[1] Je tiens pour le même phénomène les bandes fines en forme de couronne, observées dernièrement par MM. Wulff et Uspenski (*Phys. Zeitschr.*, 1913, **14**, 783-787) dans leurs recherches sur la réflexion.

théorie exige, dans cette hypothèse, que le nombre de maxima soit plus grand que celui qui est révélé par la plaque photographique.

On sait qu'en optique, les phénomènes d'interférences ne se manifestent plus si la différence de marche dépasse une certaine valeur. On introduit ce qu'on appelle le pouvoir d'interférer et la cohérence de rayons lumineux. Ne se passe-t-il pas quelque chose d'analogue avec l'interférence des rayons Röntgen dans les cristaux ? Cette idée que j'avais émise depuis longtemps et qui trouve un appui particulier dans le fait que seuls des maxima correspondant à de faibles indices ont pu être observés, a reçu dernièrement une base précise grâce à d'importants travaux dus à M. Debije. [1]

M. Debije a étudié d'une façon générale l'influence de l'agitation thermique sur les phénomènes d'interférences et trouve comme conséquence de cette agitation, outre un noircissement épars général, un affaiblissement de l'intensité des taches d'interférences. Cet affaiblissement est représenté par une exponentielle dont l'exposant est proportionnel à la température absolue (au moins si les températures ne sont pas trop basses). En transformant et généralisant un peu l'expression de M. Debije, M. Sommerfeld a pu montrer [2] que l'exposant en question est en outre proportionnel à la somme des carrés des indices : $h_1^2 + h_2^2 + h_3^2$. Pour la blende, il faut supposer que

$$h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 < 100$$

afin que l'effet d'interférence ne soit pas détruit par l'agitation thermique. De même, M. H. Bragg, jr. opère avec la condition correspondante, ce qu'il exprime en disant que la surface cristalline située dans l'intérieur du cristal et réfléchissant la tache d'interférence, doit être recouverte d'une couche suffisamment dense de molécules. La vraie raison d'existence de cette condition doit être cherchée dans l'agita-

[1] *Verh. d. D. Phys. Ges.* **15**, 758.

[2] Cf. la fin du compte rendu que M. Laue a fait pour le *Deuxième Conseil de Physique Solvay 1913* et où la remarque de M. Sommerfeld est exposée.

tion thermique. En tout cas, le fait que les faibles indices h_1, h_2, h_3 sont privilégiés, est expliqué ainsi d'une façon satisfaisante, et l'objection que l'ensemble des maxima devrait, d'après la théorie primitive de Laue, être partout dense, est écartée.

Considérons encore une fois la figure 6. Nous voyons que l'intensité du rayon réfléchi décroît rapidement lorsqu'on s'approche de l'incidence rasante. Tout se passe comme si le spectre des rayons Röntgen avait une limite vers les petites longueurs d'onde, ou plutôt, comme si cette partie du spectre ne pouvait être décelée par nos moyens. M. W. L. Bragg[1] est le premier qui ait appelé l'attention sur l'existence de cette limite. Il arrive, en effet, que, sur les clichés symétriques, à l'intérieur d'une couronne de maxima, on n'obtient plus d'autres maxima lorsqu'on augmente de plus en plus la durée d'exposition. M. Bragg en conclut, en discutant nos photogrammes, que les courtes longueurs d'ondes nécessaires ne se trouvent plus dans le spectre. Comme je l'ai trouvé dernièrement en étudiant des séries de cristaux isomorphes, cette limite inférieure varie aussi selon les cristaux, et même, comme me le fit remarquer M. Sommerfeld, d'une façon régulière et en complet accord avec la théorie, de sorte que, le chlorure de potassium, par exemple, (petite constante réticulaire) possède un cercle limite intérieur plus grand que le bromure de potassium (constante réticulaire plus grande). La présence d'une telle limite du spectre est du reste rendue très plausible par des considérations théoriques sur la formation des rayons Röntgen.

Je vais encore examiner la question suivante : Peut-on déterminer la grandeur absolue de la longueur d'onde des rayons Röntgen à l'aide de ces recherches d'interférences ? Pour cela, il faut avant tout connaître la constante réticulaire de nos cristaux. Ces constantes peuvent être calculées si l'on a la masse moléculaire, la densité, et le nombre de molécules dans la molécule-gramme, ainsi que les constantes cristallographiques. Mais justement ces dernières, qui indiquent la disposition des

[1] W. L. Bragg, *Cambridge Proc.* 1913, **17**, 43-57.

molécules dans le cristal, ne nous sont pas connues exactement. Plus nous devrons juxtaposer de réseaux, ce qui est nécessaire pour expliquer l'hémiédrie, plus la constante de chaque réseau sera grande et plus grande sera la longueur d'onde déterminée à l'aide des figures d'interférences. Nous nous trouvons ici en présence d'une équation et de deux inconnues. Nous ne connaissons ni la grandeur absolue de la constante du réseau, ni celle de la longueur d'onde.

Si nous faisons le calcul en supposant le réseau cubique le plus simple, nous pouvons tout au plus donner la plus petite valeur possible de la longueur d'onde correspondant à chaque maximum. En faisant d'autres hypothèses sur la structure réticulaire, on trouverait d'autres valeurs, des valeurs plus grandes de λ. Les tentatives de MM. Bragg consistant à prendre comme base des réseaux simples déterminés (par exemple des réseaux cubiques centrés) et, par là, expliquer l'absence de certains maxima possibles d'après la théorie de M. Laue, sont certainement dignes d'attirer notre attention et trouvent une confirmation éclatante avec le diamant. Toujours est-il cependant que ceci ne peut se faire sans un certain arbitraire et d'une façon assez indirecte. Ainsi donc, il est de toute importance, aussi bien pour la cristallographie que pour l'étude des rayons Röntgen, de pouvoir déterminer directement par l'expérience soit le réseau soit la longueur d'onde. Je crois que la longueur d'onde sera le plus facile à déterminer, grâce aux phénomènes de diffraction sur une fente. Les recherches de MM. Walter et Pohl ne suffisent pas encore, car ces expérimentateurs opéraient avec des rayons trop peu homogènes. Maintenant qu'il est possible d'isoler, par les interférences, des rayons homogènes, il est tout à fait nécessaire de reprendre ces recherches. Certes, la question d'exposition jouera, ici aussi, un rôle important; mais les difficultés qui en résulteront ne seront pas insurmontables. Une fois que la longueur d'onde, par exemple d'un rayonnement caractéristique, aura été déterminée de cette manière, il sera facile de retrouver ce rayonnement par son coefficient d'absorption dans les interférences avec d'autres cristaux. Nous pourrons alors déterminer exactement la constante du réseau cristallin utilisé et nous aurons ainsi la pos-

sibilité d'aborder la question de la structure cristalline, si importante pour la cristallographie.

Pour terminer, je dirai encore que l'image que nous nous sommes faite de la nature des rayons Röntgen en nous basant sur leur mode de formation (par freinage d'une particule cathodique) ainsi que sur d'autres propriétés, comme la présence de polarisation, la validité de la loi de Stockes pour le rayonnement caractéristique secondaire, etc., est en complet accord avec les faits expérimentaux que nous montrent les interférences cristallines, bien que la nature électromagnétique ondulatoire de ces rayons ne soit vraiment démontrée que par les expériences interférentielles. D'une part, nous avons le rayonnement produit par freinage ou impulsion, qui, décomposé en termes de Fourrier par le cristal comme agent dispersif, apparaît sous forme d'un spectre continu, et, d'autre part, nous avons les rayonnements caractéristiques de l'anticathode, qui se détachent nettement en spectre de lignes sur le spectre continu comme fond.

RECHERCHES

SUR LES

FERMENTS RÉDUCTEURS

PAR

A. BACH

(Deuxième mémoire)

Dans le premier mémoire[1] j'ai démontré que le principe réducteur des tissus animaux, la « réductase », est constitué par un ferment, catalyseur organique destructible par la chaleur, et un coferment, corps susceptible de s'oxyder au dépens de l'eau avec mise en liberté d'hydrogène et remplaçable par des aldéhydes. Ce ferment, identique à celui découvert par Schardinger[2] dans le lait, est donc à la « réductase » ce que la peroxydase est à l'oxydase ordinaire ou phénolase. L'analogie entre ces deux systèmes est tellement complète que l'on est porté à croire qu'elle a pour base la similitude chimique des corps sur lesquels la peroxydase et le ferment de Schardinger sont appelés à agir. La peroxydase agit sur les composés oxygénés instables, les *peroxydes,* qui prennent naissance dans l'action des matières oxydables sur l'oxygène moléculaire. Le ferment de Schardinger agit sur les composés hydrogénés instables, les *perhydrides,* dont la formation est concommittante de l'oxydation de la matière oxydable au dépens de l'oxygène de l'eau. Le système peroxydase + peroxydes qui met en œuvre de l'oxygène actif, agit comme oxydant; le système ferment de Schardinger + perhydrides qui met en œuvre

[1] Voir *Archives*, 1911, t. XXXII.
[2] *Chem.-Zeit.*, 1908, XXVIII, 704.

de l'hydrogène actif, agit comme réducteur. Pour bien faire ressortir cette analogie et en même temps pour assigner au ferment de Schardinger la place qu'il doit occuper dans la famille des ferments, j'ai proposé de le désigner par le nom de *perhydridase*[1], nom qui a été adopté depuis par C. Oppenheimer[2] dans sa classification des ferments.

Dans le présent mémoire, j'exposerai les résultats des recherches que j'ai poursuivies sur le même sujet depuis la publication de mon premier travail.

I. — Lorsqu'on broie du foie de veau finement hâché avec cinq fois son volume d'eau et qu'on fait passer la bouillie à travers un linge, on obtient une émulsion qui réduit aussi bien les matières colorantes que les nitrates. En filtrant l'émulsion sur un filtre de papier, on constate que la portion filtrée est totalement dépourvue de pouvoir réducteur, tandis que le résidu réduit beaucoup plus faiblement que l'émulsion employée. Etant donné que l'agent réducteur des tissus est constitué par un ferment, la perhydridase, et un coferment, substance qui s'oxyde au dépens de l'eau avec mise en liberté d'hydrogène, on pouvait supposer que l'affaiblissement du pouvoir réducteur de l'émulsion par suite de la filtration, était due à l'élimination partielle du coferment. S'il en était ainsi, la portion filtrée devrait constituer, avec la perhydridase du lait, un système réducteur en tout point comparable à la réductase des tissus. L'expérience a pleinement confirmée cette supposition : tous les tissus sans exception renferment des substances fonctionnant comme coferment de la perhydridase et pouvant facilement être extraites par l'eau à l'ébullition. Avec le concours du lait cru, ces extraits réduisent énergiquement les matières colorantes et les nitrates ; en présence de lait bouilli, il ne se produit aucun phénomène de réduction.

Pour étudier de plus près cette nouvelle réaction, j'ai eu recours à la méthode de réduction des nitrates décrite dans le

[1] *Bioch. Zeitsch.*, 1911, XXXI, 443.
[2] Die Fermente und ihre Wirkungen. Jena 1913.

premier mémoire, méthode basée sur le dosage colorimétrique des nitrites résultant de la réaction. Les premières expériences quantitatives ont été faites dans les conditions suivantes :

200 gr. de foie de veau frais ont été réduits en bouillie, la bouillie a été agitée avec 400 cc. d'eau, portée à l'ébullition et filtrée. Le filtrat clair a été divisé en portions de 50 cc., dont chacune a été additionnée de 5 gr. de nitrate de soude et de 50 cc. de lait frais. Pour déterminer, si des bactéries, dont le lait est toujours plus ou moins contaminé, interviennent dans le phénomène de réduction, un essai analogue a été fait en présence de 2 gr. de fluorure de sodium qui est un antiseptique des plus puissants. En outre, comme l'extrait de foie présentait une réaction franchement acide, des essais ont été faits en présence de 1 gr. de bicarbonate de soude. Tous les essais ont été placés au thermostat à 50°. Les dosages ont été faits comme il a été décrit dans le premier mémoire. Les résultats obtenus dans ces expériences, sont consignés dans le tableau suivant.

50 cc. de lait, 50 cc. d'extrait de foie, 5 gr. de nitrate de soude.

Nitrite formé, exprimé en mg. N_2O_3

Temps en heures	SUBSTANCES AJOUTÉES			
	—	$NaHCO_3$	NaF	$NaHCO_3$+NaF
1/2	8,452	8,192	8,003	8,107
1	9,132	8,625	8,132	8,006
2	9,409	8,601	7,762	7,510
3	10,088	9,240	7,401	6,521
6	10,350	9,180	6,469	5,083
24	48,762	236,905	6,445	4,906

Il résulte de ces nombres que pendant la première demi-heure la marche de la réduction a été à peu près la même dans tous les essais. Mais, dans le développement ultérieur du processus de réduction, les substances ajoutées (fluorure, bicarbonate) ont exercé une influence décisive. En l'absence de fluorure (colonnes 2 et 3), la quantité de nitrite a continuellement augmenté pour aboutir, en réaction alcaline, au chiffre relativement

énorme de 236,9 mg., ce qui dénote clairement l'intervention de bactéries. En l'absence de bicarbonate (colonne 1), l'acidité de l'extrait a considérablement retardé le développement des bactéries. En présence de fluorure de sodium (colonnes 4 et 5), la quantité de nitrite était déjà à son maximum au bout d'une demi-heure. A partir de ce temps, elle a régulièrement diminué pour descendre au bout de 24 heures à 6,4 mg. en milieu légèrement acide et à 4,9 mg. en milieu alcalin. Il est donc évident que l'addition de fluorure de sodium dans la proportion de 2 %, tout en empêchant toute intervention des bactéries, n'exerce aucune influence nocive sur la perhydridase. Il est à remarquer en outre que l'alcalinité du milieu, loin de préserver le nitrite, en accélère au contraire la destruction. Comme ce dernier résultat s'est trouvé être en désaccord avec les observations de Hefter et quelques autres auteurs, j'ai répété ces expériences avec le plus grand soin et je n'ai pu que les confirmer. Voici à titre d'exemple une série :

50 cc. de lait, 50 cc. d'extrait de muscles (veau), 5 gr. de nitrate de soude, 2 gr. de fluorure de sodium, avec ou sans addition de 1 gr. de bicarbonate de soude.

Nitrite formé, exprimé en mg. N_2O_3

Heures	Sans $NaHCO_3$	Avec $NaHCO_3$
1/2	13,525	13,041
1	12,992	9,841
2	12,957	9,681
3	12,930	8,632
6	12,129	8,086
24	11,088	6,150

On voit que la perte de nitrite s'est élevé à 17,7 % en milieu acide et 53 % en milieu alcalin.

Les tissus employés pour les expériences qui viennent d'être décrites, n'ont pu être traités que 15 à 20 heures après la mort des animaux dont ils provenaient. La question s'est posée de savoir si le coferment de la perhydridase qu'ils contenaient préexistait déjà dans les tissus vivants ou bien ne se formait

que par suite de l'autolyse des organes. Pour résoudre le problème, j'ai sacrifié un lapin et extrait le coferment immédiatement après la mort de l'animal. Avec tous les tissus sans exception, j'ai obtenu des résultats positifs. Il est donc établi que le coferment de la perhydridase préexiste dans les tissus vivants.

Pour obtenir quelques indications sur la distribution du coferment dans différents organes, des tissus de veau pris à l'abattoir et encore chauds ont été traités comme il a été décrit plus haut en vue de l'extraction du coferment. Les extraits ont été mis en présence de nitrate et de lait frais et le nitrite formé a été dosé. Toutes les expériences ont été faites dans des conditions identiques. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

50 cc. de lait frais, 50 cc. d'extrait, 5 gr. de nitrate de soude, 2 gr. de fluorure de sodium. Température, 50°.

Nitrite formé, en mg. N_2O_3

Heure	Poumon	Cervelle	Rate	Rein	Foie
1/2	7,198	8,625	11,088	12,937	16,180
1	6,881	8,257	10,211	12,950	16,219
2	6,734	7,762	9,026	12,621	12,939
5	5,098	7,510	8,924	9,023	11,089
24	3,987	7,102	7,601	7,915	9,703

Il résulte de ce tableau que, parmi les organes examinés, le foie paraît être le plus riche et le poumon le plus pauvre en coferment de la perhydridase. Mais il ne faut pas oublier que, dans toutes les expériences, il y a eu destruction plus ou moins considérable de nitrite déjà formé et que c'est précisément dans l'extrait de poumon que la destruction de nitrite a été la plus élevée (55 %). Les chiffres obtenus n'expriment donc que la résultante de deux processus allant en sens inverse. On ne pourra avoir des valeurs absolues que quand on aura réussi à suivre séparément les deux processus en question.

Le coferment de la perhydridase résiste à l'ébullition, il n'est pas précipité par l'alcool, dialyse facilement et n'est pas sensible à l'action de l'oxygène.

II. — Après avoir démontré l'existence d'un coferment de la perhydridase dans l'organisme animal, je me suis attaché à en définir la nature chimique. Toutes les expériences de réduction faites avec la perhydridase tendent à établir que seules les aldéhydes vraies, c'est-à-dire celles qui réduisent le nitrate d'argent ammoniacal à froid et donnent une coloration violette avec le réactif fuchsine-bisulfite de soude, sont susceptibles de fonctionner comme coferment de la perhydridase. Il y avait donc lieu de supposer que le coferment était lui-même une aldéhyde ou pouvait donner naissance à une aldéhyde dans les conditions de l'expérience. Comme les tissus animaux ne renferment pas d'aldéhydes en quantité tant soit peu appréciable, seule la seconde alternative pouvait entrer ici en ligne de compte.

En passant en revue les réactions qui aboutissent à la formation d'aldéhydes, j'ai eu connaissance d'une réaction découverte par A. Strecker[1] en 1862 et qui, bien que présentant le plus haut intérêt au point de vue physiologique, n'a jamais attiré l'attention des physiologistes. Strecker a constaté que les acides α-aminés, qui ne sont pas attaqués par l'oxygène libre, s'oxydent facilement au dépens de l'oxygène de l'eau en présence d'alloxane que l'hydrogène mis en liberté réduit à l'état d'uramile. Il y a en même temps départ d'acide carbonique et d'ammoniaque et formation d'une aldéhyde contenant 1 atome de carbone de moins que l'acide aminé. W. Traube[2] a trouvé récemment que la même oxydation peut être effectuée par la benzoquinone. Dans le cas du glycocolle, par exemple, on aura :

$$\begin{aligned} & CH_2(NH_2)COOH + C_6H_4O_2 + 3HOH \\ = {} & CH_2(OH)_2 + C_6H_4(OH)_2 + NH_3 + CO(OH)_2 \end{aligned}$$

Etant donné que les acides aminés constituent des produits de dégradation normaux des matières protéiques, on pouvait supposer que ce sont ces acides qui fonctionnent comme coferment de la perhydridase en engendrant des aldéhydes par un mécanisme analogue à celui élucidé par Strecker. J'ai donc

[1] *Liebig's Ann.*, 1862, 123, 363.
[2] *Berichte*, 1911, 44, 3145.

tout d'abord institué une série d'expériences en vue de déterminer si les acides aminés isolés peuvent fonctionner comme coferment de la perhydridase dans la réduction des nitrates. Les expériences ont été faites avec le glycocolle, la tyrosine, l'alanine, la sérine, la leucine et l'acide aspartique soit sous forme d'acides libres, soit sous forme de sels de soude. Toutes les expériences ont donné un résultat nettement négatif. Ce résultat m'a démontré que la perhydridase du lait est incapable de transformer les acides aminés en aldéhydes et de se créer le coferment nécessaire pour le dédoublement de la molécule d'eau avec mise en liberté d'hydrogène. Mais comme, dans la réaction de Strecker, il y a intervention de l'alloxane qui fixe l'hydrogène mis en liberté, j'ai cherché à déterminer si en adjoignant aux acides aminés de l'alloxane ou des substances analogues, je n'arriverais à reproduire le coferment de la perhydridase. Comme « accepteurs d'hydrogène », substances susceptibles de fixer l'hydrogène résultant du dédoublement de la molécule d'eau par les acides aminés, j'ai employé l'alloxane, l'acide oxalacétique, l'acide pyruvique, le diméthylglyoxal, et l'allantoïne. Ces expériences ont également donné un résultat négatif. Lorsqu'on chauffe ces substances à l'ébullition avec des acides aminés, il y a bien formation d'aldéhydes. Mais cette réaction ne se produit pas, lorsqu'on opère à 50° en présence de lait. Il faut donc en tirer la conclusion que l'extrait d'organes renferme, à côté d'acides aminés, des accepteurs d'hydrogène plus actifs que les substances qui viennent d'être énumérées.

En poursuivant les mêmes recherches, j'ai constaté que les peptones du commerce et les albumines complètement dégradées jusqu'aux acides aminés, renferment des quantités bien plus considérables de coferment de la perhydridase que les extraits d'organes. C'est sur les albumines complètement dégradées que j'ai porté mes investigations, étant donné que, fabriquées d'après la méthode d'Abderhalden par les Farbwerke Höchst a./M., elles constituent un produit de composition constante. Ce produit qui semble être appelé à un grand avenir est connu dans le commerce sous le nom d'*éreptone*. J'ai d'abord cherché à extraire les substances actives au moyen de

dissolvants organiques : alcool méthylique, alcool éthylique, éther, acétone ou de mélanges de ces dissolvants, mais je n'ai pas obtenu de bons résultats. J'ai alors soumis une solution d'éreptone à la distillation pour voir si la substance active n'était pas volatile dans la vapeur d'eau. Dès les premières expériences, j'ai constaté que le distillat réduisait les nitrates en présence de lait frais, c'est-à-dire fonctonnait comme coferment de la perhydridase, et *donnait toutes les réactions des aldéhydes :* il réduisait le nitrate d'argent ammoniacal à froid avec formation de miroir et colorait en violet le réactif fuchsine-bisulfite. A côté d'aldéhydes, le distillat renfermait de petites quantités d'ammoniaque.

Ces aldéhydes préexistaient-elles dans l'albumine dégradée ou se formaient-elles lors de la distillation des solutions d'éreptone ? C'est la dernière supposition qui s'est trouvée être conforme à la réalité. D'une part, les solutions d'éreptone ne réduisent pas le nitrate d'argent ammoniacal et ne colorent pas le réactif fuchsine-bisulfite. D'autre part, des expériences quantitatives ont démontré que seules les premières fractions du distillat renferment des aldéhydes. Si, après avoir remplacé l'eau passée au distillat, on abandonne la solution d'éreptone à elle-même pendant 24 heures et qu'on la soumette de nouveau à la distillation, il passe encore une fois des aldéhydes dans les premières fractions. Si l'on distille dans un courant d'air, toutes les fractions renferment à peu près les mêmes quantités d'aldéhydes. A titre d'exemple je relate ici la série d'expériences suivante :

10 gr. d'éreptone ont été dissous dans 250 cc. d'eau, la solution a été soumise à la distillation dans un ballon spacieux et le distillat a été recueilli en fractions de 15 cc. De chaque fraction, 10 cc. ont été additionnés de 5 cc. de lait frais et de 5 cc. d'une solution à 15 % de nitrate de soude, le mélange a été abandonné pendant 10 minutes au thermostat à 60°, et le nitrite formé a été dosé d'après la méthode décrite antérieurement. Après avoir recueilli la sixième fraction, on a remplacé l'eau et renouvelé la distillation le lendemain. Cette opération a été répétée 5 fois. Après la cinquième distillation, l'eau évaporée a été remplacée et la distillation a été *immédiatement*

renouvelée. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant. Il va de soi que des expériences de contrôle ont été instituées avec du lait frais et du nitrate en l'absence de distillat et avec du lait bouilli, du nitrate et 10 cc. de distillat. Toutes les expériences ont donné des résultats négatifs.

Nitrite formé sous l'action de 15 cc. de distillat exprimé en mg. N_2O_3

	1re fract.	2me fract.	3me fract.	4me fract.	5me fract.	6me fract.
1re distillation	0,062	0,030	trace	0	0	0
2me »	0,066	0,021	»	trace	0	0
3me »	0,059	0,036	0,009	»	0	0
4me »	0,053	0,026	trace	0	0	0
5me »	0,058	0,028	0,001	trace	0	0
Distillat. continuée dans un courant d'air	0,046	0,058	0,001	0,063	0,059	0,050

Par ces expérences, les faits suivants ont été établis :

1. Lors de la distillation des solutions d'éreptone, on ne trouve des aldéhydes que dans les premières fractions du distillat.

2. L'arrêt de la production d'aldéhydes est incontestablement déterminé par le manque d'oxygène, car si l'on continue la distillation dans un courant d'air, les aldéhydes se retrouvent en proportions à peu près égales dans toutes les fractions du distillat.

Qu'il me soit permis de discuter d'un peu plus près les résultats de ces expériences.

Les faits énoncés sous 1 montrent que les aldéhydes ne préexistent pas dans l'éreptone, mais se forment lors de la distillation. S'il en était autrement, la solution d'éreptone débarrassée de ses aldéhydes par une première distillation, ne pourrait pas fournir de nouvelles quantités d'aldéhydes par une seconde distillation après 24 heures de repos.

Pour comprendre les faits énoncés sous 2, il faut revenir à la réaction de Strecker et aux conditions dans lesquelles elle se produit.

Dans cette réaction, les acides aminés sont oxydés par les

hydroxyles de l'eau en aldéhydes avec élimination d'ammoniaque et d'acide carbonique, en même temps que l'alloxane et la benzoquinone fonctionnent comme accepteurs d'hydrogène et sont réduites respectivement en uramil et hydroquinone. Etant donné que, parmi les produits de dégradation de l'albumine, on ne connaît aucune substance homogène susceptible de fournir une aldéhyde par simple distillation, il faut nécessairement arriver à la conclusion que les aldéhydes se forment dans l'éreptone par une réaction analogue à celle de Strecker. En d'autres termes, lors de la dégradation totale des albumines, il se forme non seulement des acides aminés, mais encore des substances capables de fonctionner comme accepteurs d'hydrogène et de provoquer l'oxydation des acides aminés par les hydroxyles de l'eau.

Ceci étant, on s'explique aisément la raison pour laquelle la production d'aldéhydes s'arrête dans la solution d'éreptone lorsque l'oxygène vient à manquer. Il est bien évident que la réaction de Strecker ne peut se poursuivre normalement que tant que l'accepteur d'hydrogène n'est pas encore entièrement réduit. Une fois la benzoquinone transformée en hydroquinone, il s'établit un équilibre, la molécule d'eau n'est plus dédoublée et la production d'aldéhydes cesse. C'est ici que l'oxygène de l'air intervient. En oxydant l'accepteur d'hydrogène réduit, l'hydroquinone en benzoquinone, il provoque le dédoublement de l'eau et remet la réaction en marche.

Pour vérifier cette explication, j'ai fait une expérience avec la benzoquinone et l'alanine, expérience dans laquelle j'ai à dessein employé la benzoquinone en quantité insuffisante par rapport à celle d'alanine.

0,05 gr.-mol. d'α-alanin et 0,001 gr.-mol. de benzoquinone ont été dissous dans 200 cc. d'eau et la solution a été soumise à la distillation exactement dans les mêmes conditions que la solution d'éreptone. Les résultats obtenus sont exposés dans le tableau ci-après.

On voit que la production d'aldéhyde dans un mélange de benzoquinone et d'alanine suit à peu près le même cours que dans la solution d'éreptone. Au fur et à mesure que l'accepteur d'hydrogène est réduit, la quantité d'aldéhyde diminue pour

Nitrite formé sous l'action de 15 cc. de distillat exprimé en mg. N_2O_3

	1re fract.	2me fract.	3me fract.	4me fract.	5me fract.	6me fract.
1re distillation	0,361	0,220	0,057	0,023	0,010	trace
2me »	0,341	0,233	0,037	0,018	0,011	»
3me »	0,375	0,212	0,041	0,009	0,009	»
4me »	0,370	0,228	0,023	trace	trace	»
Distillat. continuée dans un courant d'air	0,287	0,330	0,381	0,340	0,340	0,321

tomber à zéro ; dans un courant d'air, elle se maintient au même niveau que dans la première fraction du distillat. Comme l'oxygène de l'air n'attaque pas les acides aminés, même à la température de l'ébullition, nous pouvons donc dire que, dans la production des aldéhydes à partir des acides aminés de l'éreptone, il sert à oxyder les accepteurs d'hydrogène réduits et assure la marche normale de la réaction de Strecker.

Les expériences relatées dans ce chapitre ont élucidé la nature du coferment de la perhydridase. Il a été établi que les processus de réduction observés dans les tissus animaux sont effectués par la perhydridase et un coferment qui peut être remplacé par des aldéhydes. Ce coferment, je l'ai trouvé dans les extraits d'organes, dans les peptones du commerce et dans l'albumine complètement dégradée, dans l'éreptone. Comme, dans ce dernier cas, la formation d'aldéhydes a été démontrée avec toute la certitude voulue, on considérera dorénavant les aldéhydes comme le véritable coferment de la perhydridase. Celle-ci est donc une véritable aldéhydase et constitue un réactif non seulement sûr, mais encore très sensibles des véritables aldéhydes. Par des expériences directes, je me suis convaincu que 0,05 mg. d'aldéhyde acétique dans 5 cc. (par conséquent 1 pour 100.000) donnent avec 2 cc. de lait frais et 3 cc. d'une solution à 1 % de nitrate de soude, une quantité de nitrite de soude qui peut encore être très exactement dosée par la méthode dont je me suis servi dans ce travail.

III. — La perhydridase existe-t-elle dans le règne végétal ? Des considérations d'ordre général ainsi que certains faits déjà connus, mais mal interprétés jusqu'ici, laissaient prévoir que

l'agent réducteur des tissus végétaux était également constitué par un système perhydridase-aldéhyde.

Abelons et Aloy[1] ont constaté que le suc de pommes de terre qui est sans action sur l'aldéhyde salicylique, oxyde celui-ci en acide salicylique en présence de nitrates ou de chlorates qui de ce fait se trouvent réduits en nitrites et chlorures. Ils attribuent cette action à une « diastase oxydo-réductrice » et supposent que l'oxydation de l'aldéhyde salicylique a lieu au dépens d'une substance suroxygénée contenue dans le suc. Pour expliquer le fait que les nitrates sont nécessaires pour l'oxydation de l'aldéhyde, ils admettent que l'oxydase présente dans le suc de pommes de terre empêcherait l'oxydation en « stabilisant » la substance suroxygénée (?) Les nitrates ou les chlorates remplaceraient dans ce cas la substance suroxyénée stabilisée.

Dans la lumière des faits que j'ai établis au cours de ce travail, l'observation d'Abelons et Aloy semblait devoir être interprétée dans ce sens que le suc de pomme de terre contient une perhydridase qui accélère le dédoublement de l'eau par les aldéhydes et provoque la réduction des nitrates ou d'autres accepteurs d'hydrogène. L'expérience a démontré que c'est effectivement le cas. La réduction des nitrates par la perhydridase des pommes de terre en présence d'aldéhyde acétique est tellement rapide que la réaction se prête très bien à une expérience de cours.

1 gr. de pommes de terre finement broyé est traité dans un tube à essai avec 10 cc. d'une solution à 4 % de nitrate de soude, préalablement chauffée à 60°, et 3 gouttes d'une solution à 10 % d'aldéhyde acétique, et le mélange est encore chauffé pendant 2 minutes au bain-marie à la même température. En ajoutant au mélange 5 cc. de réactif Ilosvay-Lunge, on obtient alors une belle coloration rouge caractéristique des nitrites. Une expérience de contrôle sans addition d'aldéhyde ne donne pas trace de nitrite.

La perhydridase végétale est soluble dans l'eau. On obtient des solutions parfaitement limpides et très actives en opérant comme suit :

[1] *Compte rendu*, 1904, 138, 382.

100 gr. de pommes de terre pelées et finement broyées sont traités par 250 cc. d'une solution à 2 % de fluorure de sodium et le mélange est filtré à la trompe. Le filtrat incolore au début se colore assez rapidement par suite de l'action des oxydases sur les chromogènes contenus dans l'extrait. Pour les expériences qui vont être décrites, je me suis servi exclusivement d'extraits ainsi préparés et parfaitement inaccessibles à l'action des bactéries. J'ai d'abord cherché à déterminer l'efficacité de la perhydridase végétale en dosant le nitrite formé en fonction de la durée de la réaction.

4 gr. de nitrate de soude, 80 cc. de suc actif (I) ou inactif (II), seul (III) ou additionné de 1 gr. d'aldéhyde acétique (I et II) dans 100 cc. Température, 50°.

Nitrite formé, exprimé en mg. N_2O_3

HEURES	I	II	III
	Extrait actif + aldéhyde	Extrait inactif + aldéhyde	Extrait actif seul
0	0	0	0
1	7,51	0	0,31
2	12,25	0	0,36
3	12,07	0	0,39
5	12,18	trace	0,43
24	12,06	»	0,41
48	12,12	»	0,49

Il résulte de ces expériences que l'extrait de pommes de terre filtré ne renferme au début que des quantités minimes de coferment nécessaire pour l'action de la perhydridase et remplaçable par des aldéhydes. Mais si l'on conserve l'extrait dans des conditions antiseptiques et à *l'abri de l'air,* la quantité de coferment augmente constamment par suite de l'autolyse des matières protéiques de l'extrait. Cette augmentation a été constatée au cours des expériences instituées en vue de déterminer jusqu'à quel point la perhydridase est stable à l'abri de l'oxygène.

Dans ces expériences, l'extrait fraîchement préparé a été distribué dans de petits flacons que j'ai eu le soin de remplir

entièrement et de bien boucher. Pour plus de précaution, tous les flacons ont été immergés dans un bain d'eau à la température ordinaire. A des intervalles définis des flacons ont été retirés et l'extrait qu'ils renfermaient, a été examiné au point de vue de son pouvoir réducteur en présence et en l'absence d'aldéhyde acétique après une heure d'action sur le nitrate de soude à 50°.

Les résultats suivants ont été obtenus :

Nitrite formé dans 100 cc., exprimé en mg. N_2O_3

Durée de la conservation	Avec aldéhyde	Sans aldéhyde
Au début	7,01	0,23
Après 1 jour	7,05	0,31
» 4 jours	6,92	0,45
» 10 »	6,98	2,41
» 15 »	6,71	4,62
» 20 »	6,80	5,90
» 25 »	6,51	6,70
» 30 »	6,60	6,90

On voit donc que la perhydridase se conserve très bien à la condition d'être mise à l'abri de l'air et hors de l'atteinte des bactéries. A l'air en présence de fluorure de sodium ou à l'abri de l'air en l'absence d'antiseptique, elle se détruit très rapidement.

Toutes les tentatives d'isoler la perhydridase de ses extraits ont échoués jusqu'à présent.

Les recherches sont poursuivies.

SUR LA M-ANISIDINE

ET SUR LA

DIMÉTHYL-M-ANISIDINE

PAR

Frédéric REVERDIN et **Armand DE LUC**

La m-anisidine a été beaucoup moins étudiée jusqu'ici que ses isomères et un petit nombre seulement de ses dérivés ont été décrits, aussi avons-nous pensé qu'il serait utile de la caractériser d'une manière plus complète et d'entreprendre avec cette base une série de recherches dont nous allons donner, dans ce mémoire, les premiers résultats.

Rappelons toutefois que l'un de nous et K. Widmer ont décrit récemment la nitration de l'acétyl-m-anisidine et quelques-uns des dérivés nitrés de la base en question [1].

La *m-anisidine :* $C^6H^4 \cdot OCH^3 \cdot NH^2 \cdot 1.3.$ a été décrite en 1883 par F. Pfaff [2] qui l'a obtenue soit par la réduction de l'éther méthylique du monobromo-m-nitrophénol, avec élimination de brome, soit par la réduction du m-nitroanisol ; il l'a caractérisée comme étant une huile, distillant à 251°. Mauthner [3] l'a préparée plus tard, avec un bon rendement, en traitant le sel de sodium sec du m-nitrophénol par le sulfate de méthyle, puis réduisant au moyen de l'étain et de l'acide chlorhydrique le

[1] *Berichte der Deutsch. chem. Ges.*, 1913, t. XLVI, p. 4066-4076 et *Arch.* 1914, t. XXXVII, p. 155-167.

[2] *Berichte der Deutsch. chem. Ges.*, 1883, t. XVI, p. 614 et 1139.

[3] *Idem*, 1906, t. XXXIX, p. 3596.

m-nitroanisol ainsi obtenu. Körner et Wender[1] ont attribué à la m-anisidine le point d'ébullition de 243°5 sous 755^{mm} P et ont décrit l'acétyl-m-anisidine, f. à 80-81°, préparée par acétylation, tandis que Meldola[2] a obtenu ce même dérivé par méthylation de l'acétyl-m-aminophénol au moyen du sulfate de méthyle en présence de lessive de soude. Cet auteur n'ayant pas donné d'indications détaillées au sujet de cette méthode, nous nous permettrons d'indiquer les conditions dans lesquelles nous l'avons répétée, ainsi que les rendements obtenus; c'est en effet la méthode qui nous a paru la plus avantageuse pour préparer la m-anisidine, car l'acétyl-m-anisidine se saponifie très facilement et d'autre part le m-aminophénol, qui sert de produit de départ, est, comme on le sait, fabriqué industriellement et par conséquent facilement accessible et suffisamment bon marché.

Préparation de la m-anisidine

L'acétyl-m-aminophénol a été préparé en ajoutant à la solution de 110 gr. de m-aminophénol technique dans 100 cc. d'eau et 70 cc. d'acide acétique cristallisable, 100 cc. d'anhydride acétique, en agitant et maintenant cette dissolution pendant une demi-heure au bain-marie. Le dérivé acétylé, qui se dépose par le refroidissement, f. à 148°, il est suffisamment pur pour être méthylé directement. Rendement 90-95 % de la théorie.

On dissout ensuite 152 gr. d'acétyl-m-aminophénol dans 300 cc. d'une solution aqueuse renfermant 50 gr. de soude caustique, puis on ajoute par petites portions, en agitant vigoureusement et en refroidissant fréquemment, 100 gr. de sulfate de méthyle. Le liquide se trouble et l'acétyl-m-anisidine se précipite lentement; après deux heures la réaction étant terminée, on filtre, on lave avec une solution étendue de carbonate de soude, puis avec de l'eau et on fait cristalliser dans l'alcool à 50 %. Rendement 94 % de la théorie. Le produit ainsi obtenu cristallise dans l'eau bouillante en petites aiguilles et dans

[1] *Gaz. chim.*, 1887, t. XVII, p. 493.
[2] *Chem. Soc.*, t. LXXXIX, p. 927.

l'alcool en octaèdres, son F est à 80-81°, comme l'ont déjà indiqué Körner et Wender.

Pour la saponification nous avons chauffé pendant 20 minutes au bain-marie 165 gr. du dérivé acétylé avec la même quantité d'acide chlorhydrique à 50 %. On coule ensuite la liqueur dans l'eau et on la rend alcaline au moyen de l'ammoniaque ; la m-anisidine se dépose sous la forme d'une huile que l'on peut distiller après l'avoir décantée et séchée ou reprendre auparavant à l'éther. Elle passe à la distillation à 243° sous 755^{mm} P. C'est une huile incolore, brunissant assez rapidement à la lumière et douée d'une odeur caractéristique assez semblable à celle de la p-anisidine. Le rendement dans cette dernière opération a été de 98.7 % de la théorie.

Nous avons aussi essayé, mais sans grand succès, de préparer la m-anisidine par méthylation du *toluènesulfonyl-m-aminophénol* et saponification. Ce composé qui n'a pas encore été décrit a été préparé en dissolvant à chaud 22 gr. de m-aminophénol et 20 gr. d'acétate de soude dans 200 cc. d'alcool à 50 %, puis en ajoutant peu à peu à cette solution, 36 gr. de p-sulfochlorure de toluène en laissant le tout en réaction pendant une demi-heure au bain-marie. Le *Toluènesulfonyl-m-aminophénol* $C^6H^4 \cdot OH \cdot NH \cdot SO^2C^7H^7$ se dépose peu à peu par le refroidissement ; on le précipite complètement en ajoutant de l'eau à la solution, on filtre, on lave et le produit brut cristallisé dans l'alcool étendu abandonne le composé pur, en beaux octaèdres presque incolores, f. à 158° insolubles dans l'eau, très solubles dans l'alcool et dans l'acide acétique.

0.1522 gr. Subst. ont donné 7 cc. N (22° ; 759 mm.)
Soit trouvé : N = 5.17 %
Calculé pour $C^{13}H^{13}O^3SN$: N = 5.34 %

Dérivés de la m-anisidine

Nous avons préparé pour caractériser la m-anisidine les sels et les dérivés suivants :

Le *chlorhydrate* est très facilement soluble dans l'eau et le *sulfate* est également soluble dans l'eau froide. La dissolution

de ces sels colore en jaune vif le bois de sapin et elle se colore elle-même fortement par les oxydants tels que le bichromate de potasse, le perchlorure de fer, etc. en brun violacé.

Le *picrate* cristallise de l'alcool en aiguilles feutrées, jaune citron, f. à 169°, après avoir commencé quelques degrés plus bas à noircir et à se décomposer. Il est très soluble dans l'alcool, dans l'eau chaude et dans le benzène, insoluble dans la ligroïne. Il est beaucoup plus soluble que le picrate d'o-anisidine, f. à 187° (déc.) et moins que le picrate de p-anisidine, f. à 163-164°.

Formyl-m-anisidine :

$$C^6H^4 \cdot OCH^3 \cdot NH \cdot COH \cdot 1 \cdot 3$$

Préparée en faisant bouillir pendant deux heures la m-anisidine avec de l'acide formique à 90 %, elle se dépose sous la forme d'une huile qui se concrète peu à peu et qui après avoir été cristallisée dans l'alcool dilué est en petits prismes incolores f. à 57°, elle est très soluble dans l'acide acétique et l'alcool, peu soluble même à chaud dans l'eau.

0.1664 gr. Subst. ont donné 13.5 cc. N (22°; 760 mm.)
Soit trouvé : N = 9.14 %
Calculé pour $C^8H^9O^2N$: N = 9.27 %

Toluènesulfonyl-m-anisidine :

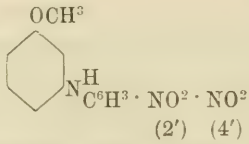
$$C^6H^4 \cdot OCH^3 \cdot NH \cdot SO^2C^7H^7$$

Ce dérivé a été préparé en faisant réagir le p-sulfochlorure de toluène en solution alcoolique sur la m-anisidine, et en chauffant pendant une demi-heure au bain-marie, en présence d'acétate de soude. On a distillé l'alcool et repris le résidu par l'éther, celui-ci laisse par évaporation une huile qui après avoir été traitée par l'acide chlorhydrique pour éliminer des traces de m-anisidine a été décantée et séchée, elle finit par se concréter en une masse cristalline de laquelle on a isolé le composé pur en jolies aiguilles incolores et brillantes, f. à 68°. Cette substance est très soluble dans l'acide acétique, l'alcool et le

benzène et elle est difficile à faire cristalliser ayant de la tendance à se déposer sous la forme huileuse.

0.1661 gr. Subst. ont donné 7 cc. N (18°; 759 mm.)
Soit trouvé : N = 4.83 %
Calculé pour $C^{14}H^{15}O^3NS$: N = 5.05 %

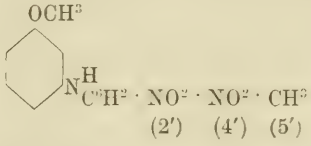
Ether méthylique de l'oxy-3-dinitro-2'-4' diphénylamine :



Préparé en faisant réagir le chlorodinitro-2-4-benzène sur la m-anisidine, en solution alcoolique et en présence d'acétate de soude, en chauffant à ébullition pendant une demi-heure, ce produit cristallise dans l'acétone en aiguilles jaunes, f. à 137-138°.

0.1585 gr. Subst. ont donné 19.8 cc. N (20°; 765 mm.)
Soit trouvé : N = 14.32 %
Calculé pour $C^{13}H^{11}O^5N^3$: N = 14.53 %

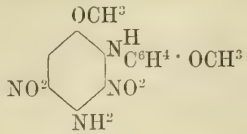
Ether méthylique de l'oxy-3-dinitro-2'-4'-méthyl-5'-diphénylamine :



Préparé d'une manière analogue en partant du chloro-1-dinitro-2-4-méthyl-5-benzène, ce dérivé cristallise de l'alcool en prismes jaune brun et dans un mélange de benzène et de ligroïne en petits prismes jaune citron, f. à 129°.

0.0825 gr. Subst. ont donné 9.8 cc. N (20°; 763 mm.)
Soit trouvé : N = 13.57 %
Calculé pour $C^{14}H^{13}O^5N^3$: N = 13.86 %

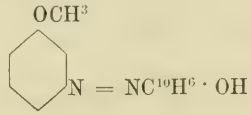
m-anisidide de la dinitro-3-5-p-anisidine :



Ce composé se forme facilement en chauffant pendant une demi-heure au bain-marie un mélange équimoléculaire de trinitro-2-3-5-p-anisidine, dans laquelle on sait que le groupe NO^2 de la position 2 est mobile [1] et de m-anisidine. Après avoir coulé dans l'eau le produit de la réaction et l'avoir traité par l'acide chlorhydrique pour éliminer les dernières traces de m-anisidine, on obtient par cristallisation dans l'alcool des cristaux noirs à reflet métallique vert f. à 144°.

0.1426 gr. Subst. ont donné 20.4 cc. N (20°,766 mm.)
Soit trouvé : N = 16.42 %
Calculé pour $C^{14}H^{14}O^6N^4$: N = 16.76 %

m-anisidinediazo-β-naphtol :



La m-anisidine diazotée et copulée avec le β naphtol fournit une matière colorante insoluble dans l'eau, qui après avoir été cristallisée dans l'alcool étendu est en jolies aiguilles rouges, f. à 140°.

0.1362 gr. Subst. ont donné 11.8 cc. N (19°; 764 mm.)
Soit trouvé : N = 10.00 %
Calculé pour $C^{17}H^{14}O^2N^2$: N = 10.07 %

Rappelons pour mémoire que la m-anisidine diazotée fournit avec les copulants suivants les nuances indiquées en regard :

m-phénylène-diamine = légèrement plus rouge que la chrysoïdine ordinaire, sur coton mordancé au tannin.

[1] Meldola et Reverdin, *Chem. Soc.*, 1913, t. CIII, p. 1484.

Sulfonaphtol 1.4 = beau rouge orangé, sur laine ordinaire et sur laine chromée.

Sel R = orangé rouge, idem.

Acide Schaeffer = orangé, idem.

Sel γ puis rediazoté et copulé avec le sulfonaphtol 1.4 = bordeaux brun violacé, sur laine chromée.

Diméthyl-m-anisidine.

Grimaux et Lefèvre[1] ont préparé la diméthyl-o-anisidine et en ont étudié en particulier les dérivés nitrés. Leurs recherches ont démontré que dans l'action de l'acide nitrique sur la diméthyl-o-anisidine c'est le groupe $N(CH^3)_2$, comme dans la diméthylaniline, qui oriente les groupes « nitro ». Ils faisaient ressortir qu'il y aurait intérêt à étudier également l'action de l'acide nitrique sur la base correspondante de la série « meta » et se proposaient de poursuivre ces recherches. Le distingué savant qu'était Grimaux étant malheureusement décédé depuis et aucun travail n'ayant paru sur ce sujet, nous avons cru pouvoir entreprendre cette étude. Ajoutons que Grimaux[2] avait étudié l'action de divers réactifs sur la diméthyl-m-anisidine, sans indiquer toutefois ni le mode de préparation de celle-ci, ni ses propriétés. Nous nous permettons donc de décrire à cette place le mode de préparation que nous avons adopté.

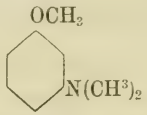
On introduit peu à peu dans 24 gr. de sulfate de méthyle, 12 gr. de m-anisidine, la réaction est violente et la température monte à 70°. Une fois la réaction calmée on laisse encore le produit en réaction sur le bain-marie pendant une heure. Après refroidissement complet on détruit l'excès de sulfate de méthyle en versant le tout dans de la lessive de soude et on décante la base mise en liberté. On traite ensuite l'huile obtenue avec 20 cc. d'anhydride acétique que l'on introduit par petites portions, pour éliminer sous la forme de leurs dérivés acétylés la m-anisidine non transformée ou la monométhylanisidine, puis après une heure de réaction on neutralise l'excès

[1] *Bulletin Soc. chim. de Paris* (3), 1891, t. VI, p. 415-420.

[2] *Bulletin Soc. chim. de Paris* (3), 1891, t. V, p. 646; 1901, t. XXV, p. 215-219.

d'acide au moyen du carbonate de soude et on distille l'huile avec de la vapeur d'eau. Après avoir séparé l'huile au moyen de l'entonnoir à robinet et extrait à l'éther une petite quantité restée en solution dans l'eau, on sèche le produit sur la soude caustique et on le soumet à la distillation fractionnée.

La *diméthyl-m-anisidine*



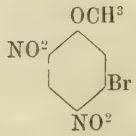
bout à 237°, c'est une huile incolore, douée d'une odeur caractéristique et qui au contact de la lumière se colore rapidement en brun. Elle se mélange en toutes proportions avec l'acide acétique et l'alcool. Rendement 75-80 %.

0.1682 gr.	Subst. ont donné	0.4404 gr. CO^2; 0.1303 gr. H^2O	
0.1818	» »	14.3 cc. N (17°; 772 mm.)	
	Soit trouvé :	C	= 71.52 %
	»	H	= 8.61
	»	N	= 9.22
	Calculé pour $C^9H^{13}ON$:	C	= 71.40 %
	» »	H	= 8.58
	» »	N	= 9.26

Nitration de la diméthyl-m-anisidine

La nitration de la diméthyl-m-anisidine fournit, suivant les conditions, divers dérivés nitrés dont deux étaient déjà connus et avaient été préparés par une méthode indirecte.

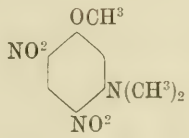
Blanksma a en effet préparé[1] en faisant réagir la monométhylamine sur un bromodinitro-anisol de la constitution suivante :



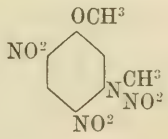
[1] *Recueil trav. chim. des Pays-Bas*, t. XXIII, p. 119-121.

le dérivé correspondant de la monométhyl-m-anisidine, f. à 198°, que nous avons retrouvé en petite quantité dans les produits de la réaction de l'acide nitrique sur la diméthyl-m-anisidine; nous avons pu, grâce à l'obligeance de M. le Dr Blanksma identifier notre produit avec le sien. Ce dérivé, traité par l'acide nitrique de D = 1.52 donne une méthylnitramine du trinitro-2-4-6-anisol qui avait été précédemment obtenue par van Romburgh[1] en traitant, par l'alcool méthylique, la méthylnitramine du tetranitro-1-2-4-6-benzène, préparée par le même auteur en faisant réagir l'acide nitrique de D = 1.5 sur la trinitrodiméthylaniline. Ce composé qui f. à 98° a été également retrouvé en petite quantité dans les produits de la nitration de la diméthyl-m-anisidine.

Les deux autres produits que nous avons obtenus, comme produits principaux dans les essais de nitration que nous décrirons ci-dessous et qui n'étaient pas encore connus sont : la *dinitro-4-6-diméthyl-m-anisidine,* f. à 198°.



et le *méthylnitramino-3-dinitro-4-6-anisol-1,* f. à 138°.



Nous avons essayé les différentes méthodes de nitration (en particulier avec les acides nitriques de diverses densités seuls ou en présence d'acide acétique, d'acide sulfurique ou d'anhydride acétique), mais nous nous contenterons de décrire celles qui se sont montrées le plus avantageuses au point de vue des rendements et de la facilité à isoler les produits principaux.

[1] *Recueil trav. chim. des Pays-Bas*, t. VIII, p. 276.

Préparation de la dinitro-4-6-diméthyl-m-anisidine

On a dissout 3 gr. de diméthyl-m-anisidine dans 25 cc. d'acide acétique et on a refroidi dans un mélange de glace et de sel, puis on a ajouté peu à peu, 15 cc. d'acide nitrique de D = 1.4. Le mélange d'abord solide se dissout peu à peu, la température monte à 10° et quelquefois, mais un instant seulement jusque vers 30°, puis à un moment donné le produit de la réaction, maintenu entre 0° et 10°, se prend quelquefois en une bouillie cristalline; tout l'acide ayant été introduit (on pourrait sans doute et sans inconvénient réduire la quantité d'acide nitrique des $^2/_3$) le produit se redissout, on le coule dans l'eau, il se précipite en jaune citron, on filtre, on lave et on sèche au bain-marie. Rendement 4 gr.

Le produit recristallisé dans l'alcool ou dans l'acétone est en belles aiguilles jaune citron, f. à 198°, il est presque exclusivement constitué par la dinitro-4-6-diméthyl-m-anisidine. Les eaux-mères alcooliques ou acétoniques additionnées d'eau laissent encore déposer le même produit, puis par évaporation une petite quantité d'un produit huileux. Deux essais faits dans les mêmes conditions avec 10 gr. de diméthyl-m-anisidine nous ont fourni chacun 8.8 gr. de produit pur.

0.1531 gr. Subst. ont donné		0.2517 gr. CO^2;	0.0634 gr. H^2O
0.1513	» »	0.2494 »	0.0628 »
0.1500	» »	22.4 cc. N (17°,745 mm.)	
0.1593	» »	24.2 » (18°,746 »	
Soit trouvé :		C = 44.83 ; 44.81 %	
»		H = 4.59; 4.61 %	
»		N = 17.14; 17.14 %	
Calculé pour $C^8H^{11}O^5N^3$:		C = 44.81 %	
»	»	H = 4.56 %	
»	»	N = 17.42 %	

En opérant dans les mêmes conditions avec de l'acide nitrique de D = 1.52, nous avons obtenu le même produit et nous avons retiré des eaux-mères de petites quantités de la méthylnitramine dinitrée f. à 138° et de la méthylnitramine trinitrée f. à 98°. Enfin si l'on utilise l'acide nitrique seul de D = 1.4 et

qu'on laisse monter la température à 40° ou même que l'on chauffe au bain-marie, il se forme un mélange difficile à purifier, qui renferme probablement les quatre dérivés nitrés dont il a été question plus haut et dans lequel nous avons constaté la présence certaine de la dinitro-4-6-monométhyl-m-anisidine de f. 200° (Blanksma 198°). Ce dérivé se distingue par sa forme cristalline du produit dinitré de la diméthyl-m-anisidine ; il est en aiguilles feutrées.

Préparation du méthylnitramino-3-dinitro-4-6-anisol-1

On obtient ce dérivé avec un bon rendement en soumettant à une nouvelle nitration le produit décrit précédemment dans les conditions suivantes : on introduit peu à peu dans un mélange de 1 partie de dinitro-4-6-diméthyl-m-anisidine, dans 10 parties d'anhydride acétique, maintenu dans de la glace et du sel, 5 parties d'acide nitrique de D = 1.52. On maintient pendant l'introduction la température entre 0° et 10°, puis on abandonne à la température ordinaire et après une heure on coule dans l'eau ; il se forme un précipité résineux et brunâtre, accompagné de flocons jaunes, qui repris par 20 parties d'alcool à l'ébullition, laisse déposer sous la forme de jolis cristaux jaune pâle, la méthylnitramine f. à 138°. Ce dérivé se dépose parfois de la solution dans l'anhydride acétique pendant qu'elle est abandonnée à la température ordinaire en cristaux grenus et incolores. Le rendement est de 60 % en produit pur. Celui-ci est très peu soluble dans l'alcool froid et donne la réaction de Liebermann comme d'autres nitramines au sujet desquelles l'un de nous et ses collaborateurs ont fait diverses publications[1]. On retire des eaux-mères alcooliques en très petite quantité de la méthylnitramine du dérivé trinitré f. à 98°.

Produit f. à 138°.

0.1642 gr.	Subst. ont donné	0.2130 CO^2 ; 0.0451 gr. H^2O	
0.1406	»	»	24.9 cc. N (19° ; 763 mm.)
0.1322	»	»	23.4 » (16° ; 750 »)

[1] *Arch.*, 1910, t. XXIX, p. 376 ; 1912, t. XXXIII, p. 332, etc.

Soit trouvé :		C = 35.31 %
»		H = 3.05 %
»		N = 20.48 ; 20.26 %
Calculé pour	$C^8H^8O^7N^4$:	C = 35.33 %
»	»	H = 2.94 %
»	»	N = 20.60 %

La constitution de ces deux nouveaux dérivés est déduite des considérations suivantes : la méthylnitramine f. à 138°, chauffée avec du phénol se transforme par élimination du groupe NO^2 fixé à l'azote en monométhyl-dinitro-4-6-m-anisidine, dont la constitution a été établie par Blanksma (*loc. cit.*). D'autre part comme elle se forme par nitration du dérivé dinitré de la diméthyl-m-anisidine, f. à 198°, celui-ci doit avoir la constitution que nous avons indiquée.

Il semblerait que d'après les analogies avec par exemple la nitramine de la dinitro-3-5-monométhyl-p-anisidine[1] et d'autres composés de même nature, la nouvelle nitramine, f. à 138°, devrait donner par l'action de la lessive de soude ou de potasse, l'éther monométhylique de la dinitro-4-6-résorcine. Tel n'est cependant pas le cas, dans les conditions où nous nous sommes placés. En effet lorsqu'on fait bouillir avec modération, pendant une heure environ, 2 gr. de la nitramine en question avec 10 parties d'une solution aqueuse de potasse caustique à 10 %, on obtient un composé qui fournit un sel cristallisé de baryum, difficilement soluble, dont la solution traitée par l'acide chlorhydrique, laisse déposer de jolis cristaux jaunes, f. à 182°, composé tout différent de la substance que nous pensions obtenir et dont l'analyse ne correspond ni à celle d'un éther monométhylique de dinitrorésorcine, ni à celle d'une dinitrorésorcine. Nous avions cependant constaté pendant la réaction un dégagement de monométhylamine.

Nous nous proposons de poursuivre l'étude de ce dérivé et nous reviendrons plus tard sur ce sujet ainsi que sur les dérivés nitrosés des diméthyl-anisidines dont nous nous occupons actuellement.

Laboratoire de chimie organique
de l'Université de Genève.

[1] *Arch.* 1911, t. XXXII, p. 343 et *J. f. prakt. Chem.*, 1911, t. LXXXIV, p. 544.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1913

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

Raoul GAUTIER

Directeur de l'Observatoire de Genève

(Suite et fin [1]*)*

V. Vents

Genève. — L'observation du vent se fait de deux manières différentes : 1° six fois par jour à l'ancienne girouette, en exprimant la force du vent par les sept chiffres de 0 à 6 de la demi-échelle de Beaufort ; 2° au moyen de l'anémographe de Richard, enregistrant automatiquement la direction et la vitesse du vent.

Le *tableau XIX* donne les résultats généraux du premier système d'observations. Il fournit, pour les différents mois et pour l'année, le nombre des calmes et le nombre de fois où le vent a été observé, avec la force 1 ou avec une force supérieure, dans chacune des seize directions de la rose des vents, le chiffre indiqué tenant compte du facteur (1 à 6) qui représente la force du vent.

Le *tableau XX* donne d'abord les nombres de cas de vent du nord-nord-est et du sud-sud-ouest et leurs rapports, puis la proportion des calmes. Il indique ensuite les résultats du deuxième système d'observation du vent, au moyen de l'ané-

[1] Voir *Archives*, 1914, t. XXXVII, p. 347.

XIX. Vents observés. GENÈVE, 1913.

	Décemb. 1912	Janvier 1913	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année météor.	Année civile
Calme .	51	99	60	81	49	58	51	59	64	26	49	71	63	718	730
N.....	1	4	19	10	16	23	16	18	27	32	12	5	10	183	192
NNE ..	3	6	18	22	63	32	30	19	39	54	31	8	48	325	370
NE....	7	2	31	26	2	11	17	25	6	12	5	3	9	147	149
ENE...	3	8	24	0	0	0	0	0	1	5	5	1	4	47	48
E.....	0	0	2	0	1	4	1	0	1	2	3	1	0	15	15
ESE...	0	1	2	1	2	0	0	2	0	0	1	5	2	14	16
SE....	0	1	1	1	0	5	4	10	1	3	7	16	16	49	65
SSE...	1	2	1	3	3	5	1	2	2	4	4	5	8	33	40
S.....	1	1	2	3	3	6	12	3	5	4	7	13	7	60	66
SSW ..	13	38	2	43	21	7	5	15	22	25	35	30	30	256	273
SW ...	11	21	12	19	22	19	35	17	13	3	10	13	6	195	190
WSW .	5	3	2	1	2	1	0	1	2	4	6	2	4	29	28
W.....	4	8	0	1	5	5	3	8	3	3	5	4	2	49	47
WNW .	9	2	4	3	2	0	0	0	0	1	1	2	1	24	16
NW...	2	1	1	2	5	12	6	3	4	4	2	2	3	44	45
NNW..	6	5	5	3	7	2	1	9	11	11	13	5	7	78	79

XX. Vents. GENÈVE, 1913.

PÉRIODE	VENTS			Calme s. 1000	Vitesse moyenne du vent km. par heure
	NNE.	SSW.	Rapport		
Décembre 1912.	11	25	0.44	274	2.02
Janvier 1913...	12	60	0.20	532	3.97
Février.....	68	16	4.25	357	5.94
Mars.....	58	65	0.89	435	5.26
Avril	81	46	1.76	167	6.60
Mai.....	66	32	2.06	312	5.26
Juin	63	52	1.21	283	5.39
Juillet	62	35	1.77	317	2.69
Août.....	72	40	1.80	344	3.51
Septembre.....	98	32	3.06	144	4.11
Octobre	48	52	0.92	263	2.95
Novembre	16	56	0.29	394	3.64
Décembre	67	43	1.56	339	5.99
Année météor..	655	511	1.28	328	—
Année civile ...	711	529	1.34	333	—

mographe de Richard. Il fournit. pour les différents mois de l'année, la *vitesse moyenne du vent* exprimée en *kilomètres par heure*, sans distinguer dans quelle direction soufflait le vent. On y constate que les mois les plus calmes ont été ceux de décembre 1912 pour l'année météorologique et de juillet 1913 pour l'année civile ; le mois le plus venteux a été celui d'avril, comme en 1912. Au reste l'année 1913 a été peu venteuse.

Si l'on recherche encore, dans le même ordre d'idées, les jours pour lesquels la vitesse du vent a dépassé, en moyenne, *25 kilomètres à l'heure,* on n'en trouve que deux dans l'année météorologique, en février, et trois dans l'année civile. Ce sont des jours de *bise,* dont voici le tableau :

1913	Km. p. h.	Direction
14 février	27.6	NE
22 »	26.2	NNE
31 décembre	31.9	»

Le *tableau XXI* contient le relevé des jours de forte bise (NNE) et de fort vent du midi (SSW). Les nombres des jours de forte bise et de fort vent de midi sont très inférieurs cette année aux chiffres moyens, qui sont de 42 et de 44.

XXI. GENÈVE, 1913.

Période	Nombre de jours de forte bise	Nombre de jours de fort vent du midi
Décembre 1912..	0	0
Janvier 1913	0	2
Février.....	3	0
Mars.....	3	2
Avril	5	0
Mai.....	1	0
Juin.....	0	0
Juillet.....	0	0
Août.....	0	0
Septembre.....	0	0
Octobre	2	0
Novembre	0	1
Décembre.....	6	4
Année météorol.	14	5
Année civile	20	9

XXII. Vents. SAINT-BERNARD, 1913.

PÉRIODE	VENTS			Calme sur 1000
	NE.	SW.	Rapport	
Décembre 1912...	57	31	1.84	323
Janvier 1913.....	52	33	1.58	333
Février.....	46	53	0.87	286
Mars	43	101	0.43	247
Avril	34	75	0.45	267
Mai	55	66	0.83	323
Juin	92	36	2.55	244
Juillet	96	19	5.05	151
Août.....	72	22	3.27	183
Septembre.....	45	68	0.66	89
Octobre	25	145	0.17	54
Novembre	81	58	1.40	244
Décembre	146	35	4.17	86
Année météorol..	698	707	0.99	228
Année civile	787	711	1.11	208

XXIII. Pluie et neige. 1913.

PÉRIODE	GENÈVE			SAINT-BERNARD		
	Nombre de jours	Eau tombée	Nombre d'heures	Nombre de jours	Eau tombée	Hauteur de la neige
		mm			mm	cm
Décembre 1912...	8	40.0	68	10	121.4	152
Janvier 1913....	17	73.2	91	16	157.5	238
Février	8	30.7	35	7	42.3	58
Mars.....	9	141.7	83	12	151.8	148
Avril	14	57.1	68	15	188.0	179
Mai.....	13	69.0	56	11	164.5	88
Juin.....	11	31.9	25	13	98.0	28
Juillet.....	15	75.8	74	10	92.0	33
Août.....	10	51.5	40	11	78.2	—
Septembre.....	15	96.2	49	13	199.3	58
Octobre.....	16	85.5	53	12	99.7	40
Novembre.....	21	143.5	128	17	238.9	238
Décembre.....	10	70.8	41	9	133.2	186
Hiver	33	143.9	194	33	321.2	448
Printemps..... .	36	267.8	207	38	504.3	415
Eté.....	36	159.2	139	34	268.2	61
Automne.....	52	325.2	230	42	537.9	336
Année météorol..	157	896.1	770	147	1631.6	1260
Année civile.....	159	926.9	743	146	1643.4	1294

Grand Saint-Bernard. — La direction du vent est observée à la girouette placée sur le nouveau bâtiment ; les observations se font trois fois par jour, en estimant la vitesse du vent, autant que faire se peut, suivant la demi-échelle de Beaufort.

Vu la situation de l'hospice sur le col, on n'y observe que deux vents, ceux qui correspondent aux grands courants du NE et du SW. Le calme s'observe plus rarement qu'à Genève ; il y en a eu cependant sensiblement plus que d'ordinaire cette année. Le *tableau XXII* fournit les résultats moyens de ces observations en ce qui concerne les deux courants, leurs rapports et les calmes.

VI. Pluie et neige

Le *tableau XXIII* fournit, pour *Genève,* les données relatives à l'eau tombée et, pour le *Grand Saint-Bernard,* celles relatives à la fois à la *pluie* et à la *neige.*

Il convient donc de compléter ces données, en ce qui concerne Genève, en indiquant ci-après les hauteurs de *neige* mesurées en 1913 à l'observatoire :

Neige a Genève en 1913

cm.					
1	en janvier	1913	en	1	jour
9	» février	»	»	2	jours
4	» décembre	»	»	2	»
10	dans l'année météor.		en	3	jours
14	» »	civile	»	5	»

Il avait peu neigé depuis quatre ans à Genève. Il a encore moins neigé en 1913.

Le *tableau XXIV* indique les écarts entre les moyennes de Plantamour et les totaux de 1913 pour le nombre de jours de pluie et pour la hauteur d'eau tombée, aux deux stations, dans les divers mois, les saisons et l'année.

De même que 1912, 1913 est une année humide à *Genève,* mais pas d'une façon remarquable, surtout comme quantité. Contrairement à ce qu'on constatait l'an dernier, en 1913

XXIV. Ecarts avec les moyennes de précipitations. 1913.

PÉRIODE	GENÈVE		GRAND ST-BERNARD	
	Jours de pluie	Eau tombée	Jours de pluie	Eau tombée
		mm		mm
Décembre 1912...	− 1	− 11.0	+ 2	+ 48.3
Janvier 1913.....	+ 7	+ 24.4	+ 5	+ 28.4
Février	0	− 5.8	− 2	− 51.3
Mars.....	− 1	+ 94.5	+ 1	+ 54.9
Avril	+ 3	+ 0.3	+ 4	+ 67.9
Mai.....	+ 1	− 10.2	0	+ 44.4
Juin	0	− 44.0	+ 3	− 3.4
Juillet	+ 6	+ 5.0	+ 1	+ 16.9
Août.....	0	− 28.9	+ 2	− 7.6
Septembre	+ 5	+ 1.9	+ 4	+ 83.3
Octobre.....	+ 4	− 15.5	+ 2	− 42.6
Novembre.....	+ 10	+ 69.5	+ 7	+ 140.4
Décembre	+ 1	+ 19.8	+ 1	+ 60.1
Hiver	+ 6	+ 7.6	+ 5	+ 25.4
Printemps.....	+ 3	+ 84.6	+ 5	+ 167.2
Eté.....	+ 6	− 67.9	+ 6	+ 5 9
Automne.....	+ 19	+ 55.9	+ 13	+ 181.1
Année météorol..	+ 34	+ 80.2	+ 29	+ 379.6
Année civile.....	+ 36	+ 111.0	+ 28	+ 391.4

l'année civile est un peu plus humide que l'année météorologique. Comme fréquence de la pluie les deux années 1912 et 1913 sont assez semblables, avec un excédent important de jours de pluie. Au *Grand St-Bernard,* les chiffres sont aussi analogues à ceux de 1912, avec un léger excédent comme quantité et un léger déficit comme fréquence. C'est d'ailleurs, comme la précédente, une année très pluvieuse à la montagne aux deux points de vue quantité et fréquence.

Les mois les plus humides sont mars et novembre à Genève, le premier au point de vue relatif, le second au point de vue absolu. Au St-Bernard, novembre est le plus humide aux deux points de vue. Le mois le plus sec à Genève est février au point de vue absolu, juin au point de vue relatif. Au St-Bernard c'est février aux deux points de vue.

La *statistique de la pluie* a été, comme d'ordinaire, développée, pour *Genève,* dans les deux tableaux suivants :

Le *tableau XXV* donne, pour chaque mois, la plus longue période de sécheresse, ou le nombre maximum de jours consé-

XXV. Périodes de sécheresse et de pluie. GENÈVE, 1913.

PÉRIODE	PÉRIODES DE SÉCHERESSE	PÉRIODES PLUVIEUSES	PLUIE dans les 24 heures au-dessous de		PLUIE dans 24 heures	
			1mm	0mm.25	Maximum	Chute dépassant 30 mm.
					mm.	
Décembre 1912..	11 jours (3-13)	3 jours (16-18)	2 jours	0 jours	14.8 le 26	—
Janvier 1913....	9 » (28 déc.-5)	10 » (14-23)	3 »	1 »	9.8 le 23	—
Février	8 » (9-16)	3 » (17-19)	3 »	1 »	13.2 le 27	—
Mars	8 » (28 fév.-7, 9-16)	5 » (20-24)	2 »	0 »	28.7 le 23	—
Avril	5 » (2-6)	4 » (16-19)	4 »	2 »	16.0 le 17	—
Mai.....	8 » (19-26)	4 » (3-6)	4 »	3 »	19.3 le 4	—
Juin	9 » (6-14)	4 » (17-20)	3 »	2 »	11 0 le 5	—
Juillet	7 » (28 juin-4)	4 » (8-11)	3 »	1 »	19.5 le 30	—
Août	4 » (1-4, 15-18, 25-28)	2 » (5-6, 11-12, 19-20)	3 »	0 »	14.0 le 19	—
Septembre	8 » (21-28)	4 » (7-10)	3 »	0 »	56.7 le 14	1
Octobre	3 » (12-14, 16-18, 23-25)	10 » (29 sept.-8)	7 »	0 »	35.4 le 8	1
Novembre	3 » (28-1 déc.)	8 » (10-17)	3 »	1 »	36.7 le 12	1
Décembre	9 » (8-16)	6 » (2-7)	4 »	0 »	46.3 le 6	1
Année météorol.	11 j. (3-13 déc. 1912)	10 j. (14-23 janv., 29 sept.-8 oct.)	40 jours	11 jours	56.7 le 14 sept.	3
Année civile....	9 » (6-14 juin, 8-16 déc. 1913)	Id.	42 »	11 »	id.	4

cutifs sans pluie, et la plus longue période pluvieuse, ou le nombre maximum de jours consécutifs où de la pluie a été recueillie. Les plus longues périodes de sécheresse sont en décembre 1912 et 1913 et en juin ; les plus longues périodes pluvieuses, en janvier et en septembre-octobre.

Le même tableau indique le nombre de jours où la hauteur de la pluie mesurée a été inférieure à 1^{mm} et à $^1/_4$ de millimètre. Enfin, ce tableau donne le maximum de pluie recueilli chaque mois ; le nombre de jours où la hauteur d'eau tombée a atteint ou dépassé 30 millimètres est de trois ou quatre cette année, un pour chacun des quatre derniers mois. Le total le plus remarquable est celui de 57^{mm} le 14 septembre.

Comme complément à ces indications, il sera intéressant de noter ici, comme précédemment, le relevé des plus violentes averses enregistrées durant un court espace de temps au pluviomètre d'Usteri-Reinacher.

Date 1913			mm.	minutes	mm. par min.
Juillet	8		2	7	0.3
»	30		3	10	0.3
Août	9		1.5	1.5	1.0
»	19		9	12	0.75
»	»	dont	4	2	2.0
Octobre	5		3	6	0.5
»	8		3	6	0.5
Novembre	5		3	6	0.5
»	6		2	5	0.4
»	12		2.5	10	0.25
Décembre	4		5	20	0.25

Sauf l'averse du 19 août, il n'y a aucune pluie violente, et les pluies un peu intenses sont moins fréquentes et moins accusées que d'ordinaire.

Le *tableau XXVI* a pour but de permettre la comparaison des différents mois entre eux et des quatre saisons entre elles au point de vue des précipitations atmosphériques. Il est, à cet effet, calculé de façon à éliminer les inégales durées des mois et des saisons. On y trouve : 1° la *durée relative de la pluie,* ou la fraction obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie par le nombre total d'heures de la période ; 2° le *nombre moyen d'heures de pluie par jour de pluie,* obtenu en divisant,

XXVI. GENÈVE, 1913.

PÉRIODE	Durée relative de la pluie	Nombre moyen d'heures par jour	Eau tombée dans 1 heure
		h	mm
Décembre 1912.....	0.091	8.50	0.59
Janvier 1913.....	0.122	5.35	0.80
Février.....	0.052	4.37	0.88
Mars.....	0.112	9.22	1.71
Avril	0.094	4.86	0.84
Mai.....	0.075	4.31	1.23
Juin	0.035	2.27	1.28
Juillet.....	0.099	4.93	1.02
Août.....	0.054	4.00	1.29
Septembre.....	0.068	3.27	1.96
Octobre	0.071	3.31	1.61
Novembre	0.178	6.09	1.12
Décembre.....	0.062	4.60	1.54
Hiver.....	0.090	5.88	0.74
Printemps.....	0.094	5.75	1.29
Eté	0.063	3.86	1.15
Automne.....	0.105	4.42	1.41
Année météorolog...	0.088	4.90	1.16
Année civile.....	0.085	4.67	1.25

pour chaque période, le nombre d'heures de pluie par le nombre de jours de pluie ; 3° *l'eau tombée dans une heure,* obtenue en divisant la hauteur d'eau tombée durant la période par le nombre d'heures de pluie de la période; ce dernier chiffre représente donc l'intensité moyenne des chutes d'eau.

Le *tableau XXVII* contient le relevé général des observations faites dans les douze stations pluviométriques du canton de Genève et à l'observatoire. A Puplinge, les observations ont été malheureusement interrompues durant les mois d'été et ont dû être complétées pour quelques autres mois, ce qui est indiqué par des chiffres entre parenthèses. Je profite de cette occasion pour adresser mes sincères remerciements aux douze observateurs qui continuent à nous fournir les hauteurs de pluie tombées sur notre petit territoire.

Le *tableau XXVIII* fournit, d'une façon analogue, les hauteurs de pluie et de neige tombées dans les quatre stations plu-

XXVII. Stations pluviométriques du canton de GENÈVE, 1913.

Station :	*Céligny*	*Collex*	*Chambésy*	*Châtelaine*	*Satigny*	*Athenaz*	Compesieres	*Veyrier*	*Genève*	*Cologny*	*Puplinge*	*Jussy*	*Hermance*
Altitude :	424 m.	440 m.	433 m.	425 m.	465 m.	428 m.	478 m.	423 m.	406 m.	450 m.	445 m.	470 m.	380 m.
Observat. : M.	Esquivillon	Emery	L. Perrot	Ch. Platel	Ch. Lamberey	A. Stœssel	B. Babel	B. Babel	Observatoire	H. Noll	A. Dunant	J. Micheli	Ch. Nyauld
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1912..	71.5	50.0	47.7	41.3	52.0	53.4	44.5	28.2	40.0	32.5	31.8	52.2	32.3
Janv. 1913.	127.4	109.1	87.6	81.5	98.6	86.4	76.5	63.4	73.2	66.4	(61.2)	54.8	85.0
Février....	48.2	39.8	34.2	37.9	47.8	44.7	32.9	31.4	30.7	27.3	(30.0)	26.6	31.2
Mars.....	141.7	138.1	143.9	131.9	117.5	123.0	129.1	137.9	141.7	136.8	145.5	150.7	152.5
Avril.....	80.6	71.6	65.2	60.5	85.1	74.5	46.9	60.6	57.1	56.7	42.9	66.7	59.4
Mai.....	77.5	63.9	63.8	68.2	55.6	57.8	62.6	53.3	69.0	64.0	(60.0)	63.6	63.7
Juin.....	50.0	48.4	27.7	32.2	25.2	37.9	42.0	34.2	31.9	35.9	—	30.6	48.1
Juillet.....	103.8	89.2	93.9	84.2	69.1	63.4	70.6	69.1	75.8	88.7	—	82.5	91.8
Août.....	69.9	57.6	65.7	66.7	44.2	66.7	59.8	41.1	51.5	41.4	—	50.1	70.0
Septembre.	98.4	103.8	104.9	84.7	73.7	77.7	90.5	88.2	96.2	91.3	98.2	102.6	92.4
Octobre ...	65.3	61.0	65.8	76.0	65.8	77.1	75.4	75.6	85.5	68.3	58.2	64.1	76.8
Novembre .	134.9	130.6	123.0	123.8	132.8	133.9	134.2	108.4	143.5	117.9	140.0	122.3	120.2
Décembre .	83.4	75.0	66.7	61.7	59.3	76.4	52.9	58.9	70.8	54.0	45.7	46.5	52.2
Hiver.....	247.1	198.9	169.5	160.7	198.4	184.5	153.9	123.0	143.9	126.2	(123.0)	133.6	148.5
Printemps.	299.8	273.6	272.9	260.6	258.2	255.3	238.6	251.8	267.8	257.5	(248.4)	281.0	275.6
Eté.....	223.7	195.2	187.3	183.1	138.5	168.0	172.4	141.4	159.2	166.0	—	163.2	209.9
Automne ..	298.6	295 4	293.7	284.5	272.3	288.7	300.1	272.2	325.2	277.5	296.4	289.0	289.4
An. météor.	1069.2	963.1	923.4	888.9	867.4	896.5	865.0	791.4	896.1	827.2	—	866.8	923.4
An. civile..	1081.1	988.1	942.4	909.3	874.7	919.5	873.4	822.1	926.9	848.7	—	861.1	943.3

XXVIII. Stations pluviométriques du val d'Entremont, 1913.

Station Altitude	Martigny 474m		Orsières 900m		Bourg-St-Pierre 1630m		Gr. St-Bernard 2476m	
PÉRIODE	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm
Déc. 1912.	42.5	2	29.0	20	20.2	20	121.4	152
Janv. 1913	84.7	20	69.3	59	51.7	54	157.5	238
Février ...	27.8	4	8.7	15	12.0	17	42.3	58
Mars	66.5	4	70.2	10	75.3	74	151.8	148
Avril	40 1	1	38.0	—	47 3	34	188.0	179
Mai	29.5	—	52.5	—	55.3	28	164.5	88
Juin.....	46.6	—	39.2	—	63.9	—	98.0	28
Juillet....	62.0	—	55.1	—	56 8	—	92 0	33
Août. ...	54.2	—	50.4	—	52.5	—	78.2	—
Septembre	53.6	—	57.1	—	76.8	—	199.3	58
Octobre ...	24.9	—	40.5	—	76.0	—	99.7	40
Novembre.	84.9	—	88.4	—	74.9	17	238.9	238
Décembre.	41.1	1	42.1	5	35.1	36	133.2	186
Hiver. ...	155 0	26	107.0	94	83.9	91	321.2	448
Printemps	136.1	5	160.7	10	177.9	136	504.3	415
Eté.	162.8	—	144.7	—	173.2	—	268.2	61
Automne..	163.4	—	186.0	—	227.7	17	537.9	336
An. mét..	617.3	31	598.4	104	662.7	244	1631.6	1260
Année civ.	615.9	30	611.5	89	677.6	260	1643.4	1294

viométriques qui existent le long du val d'Entremont. Je remercie aussi les observateurs dévoués de ces stations.

Le *tableau XXIX* indique le nombre de *jours d'orage* ou

XXIX. Orages. GENÈVE, 1913.

PÉRIODE	Jours de tonnerre.	Jours d'éclairs sans tonnerre.	Grêle
Décembre 1912	—	—	—
Janvier 1913	—	—	—
Février	1	—	—
Mars	1	—	—
Avril	2	1	—
Mai	4	—	1
Juin	3	1	—
Juillet.....	4	2	—
Août	3	2	1
Septembre	7	—	—
Octobre	1	—	—
Novembre	1	—	—
Décembre	1	—	—
Année météorolog..	27	6	2
Année civile	28	6	2

jours de tonnerre à Genève, ainsi que le nombre de jours où des *éclairs* ont été vus à l'horizon sans que le bruit du tonnerre fût perceptible. Le nombre des jours d'orage est un peu supérieur, cette année, au nombre moyen déduit par Plantamour de la moyenne des années de 1846 à 1875 (25). Le mois le plus riche en orages a été, par exception, celui de septembre. Il y a eu de petites averses de *grêle* le 4 mai et le 29 août, mais sans dégâts.

VII. Nébulosité

La nébulosité s'exprime par les nombres de *zéro* à *dix: zéro* correspond à un ciel entièrement clair, *dix* à un ciel entièrement couvert. La mesure de la nébulosité se fait, à *Genève,* aux six observations diurnes, au *Grand Saint-Bernard,* trois fois par jour. La moyenne de ces six, ou trois, observations, donne la moyenne diurne de la nébulosité, représentée par un chiffre sans fraction. Pour les mois, les saisons et l'année, la nébulosité est exprimée par la moyenne des nébulosités de tous les jours de la période. Le chiffre principal est alors accompagné de dixièmes.

Dans le *tableau XXX,* la *nébulosité* et l'état du ciel sont exprimés sous deux formes pour les deux stations : à la cinquième colonne, par la nébulosité moyenne, puis, dans les quatre premières, par une classification des jours de la période en *clairs, peu nuageux, très nuageux* et *couverts.* Ces désignations comprennent les jours dont la nébulosité se mesure par un certain nombre des onze chiffres qui la représentent : les chiffres 0, 1 et 2 correspondent aux jours clairs ; 3, 4 et 5, aux jours peu nuageux ; 6 et 7, aux jours très nuageux ; 8, 9 et 10, aux jours couverts.

Le *tableau XXXI* fournit les écarts de la nébulosité aux deux stations par rapport aux moyennes calculées par Plantamour sur les observations des années de 1847 à 1875 pour Genève, et de 1849 à 1866 pour le Grand Saint-Bernard. Ces moyennes figurent également dans le tableau, multipliées par 10 pour les ramener à la nouvelle échelle adoptée depuis l'année 1901.

XXX. Nébulosité. 1913.

PÉRIODE	GENÈVE					SAINT-BERNARD				
	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts	Nébulosité moyenne	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts	Nébulosité moyenne
Déc. 1912...	4	1	7	19	7.8	15	7	6	3	3.4
Janv. 1913..	0	0	3	28	9.0	8	5	7	11	5.7
Février.....	8	7	3	10	5.1	16	3	6	3	3.0
Mars.....	8	8	3	12	5.6	13	3	2	13	5.1
Avril.....	3	5	8	14	6.8	4	6	5	15	7.0
Mai.....	5	10	8	8	5.5	6	6	3	16	6.5
Juin.....	6	8	8	8	5.5	4	6	6	14	6.7
Juillet... ..	7	9	4	11	5.4	6	4	8	13	6.4
Août.....	13	10	4	4	3.7	12	5	4	10	4.9
Septembre..	6	9	8	7	5.3	10	1	6	13	5.8
Octobre	5	8	6	12	5.9	11	4	0	16	5.5
Novembre..	1	9	4	16	7.0	6	5	5	14	6.5
Décembre ..	7	0	5	19	7.0	14	7	3	7	4.0
Hiver... ..	12	8	13	57	7.3	39	15	19	17	4.0
Printemps..	16	23	19	34	6.0	23	15	10	44	6.2
Eté.....	26	27	16	23	4.9	22	15	18	37	6.0
Automne...	12	26	18	35	6.1	27	10	11	43	5.9
Année mét..	66	84	66	149	6.1	111	55	58	141	5.5
» civile.	69	83	64	149	6.0	110	55	55	145	5.6

XXXI. Écarts de la nébulosité. 1913.

PÉRIODE	GENÈVE		SAINT-BERNARD	
	Moyennes 1847-1875	Écarts pour 1913	Moyennes 1846-1867	Écarts pour 1913
Décembre 1912....	8.3	- 0.5	4.5	- 1.1
Janvier 1913.....	7.9	+ 1.1	5.0	+ 0.7
Février.....	6.7	- 1.6	5.3	- 2.3
Mars.....	6.1	- 0.5	5.9	- 0.8
Avril.....	5.8	+ 1.0	6.7	+ 0.3
Mai.....	5.8	- 0.3	6.9	- 0.4
Juin.....	5.4	+ 0.1	6.5	+ 0.2
Juillet.....	4.4	+ 1.0	5.5	+ 0.9
Août.....	4.7	- 1.0	5.8	- 0.9
Septembre.....	4.9	+ 0.4	5.8	0.0
Octobre.....	6.9	- 1.0	6.1	- 0.6
Novembre.....	7.8	- 0.8	5.4	+ 1.1
Décembre.....	8.3	- 1.3	4.5	- 0.5
Hiver.....	7.7	- 0.4	4.9	- 0.9
Printemps.....	5.9	+ 0.1	6.5	- 0.3
Eté.....	4.8	+ 0.1	5.9	+ 0.1
Automne.....	6.6	- 0.5	5.8	+ 0.1
Année météorolog..	6.2	- 0.1	5.8	- 0.3
Année civile.....	6.2	- 0.2	5.8	- 0.2

L'année 1912 avait été, au point de vue des nuages, une année normale à Genève, un peu trop nuageuse au St-Bernard. L'année 1913 a été un peu moins nuageuse que la normale aux deux stations, surtout au St-Bernard.

A *Genève,* l'hiver et l'automne ont été relativement clairs, surtout les mois de février et de décembre 1913. Les mois les plus nébuleux, relativement, ont été ceux de janvier, d'avril et de juillet.

Au *St-Bernard* l'hiver a été clair et le printemps aussi. Le mois le plus clair a été février. Novembre, qui a été clair à Genève, a été très nuageux au St-Bernard, mais au point de vue absolu la nébulosité maximum correspond à avril.

Le *tableau XXXII* donne, pour *Genève,* le nombre de jours de brouillard observés. Il y en a toujours moins que la moyenne, comme de 1909 à 1912. Il y en a pourtant un peu plus que l'année précédente. Les cas de brouillard persistant toute la journée n'ont été observés qu'aux deux mois de décembre.

XXXII. Brouillard. GENÈVE, 1913.

PÉRIODE	Brouillard tout le jour	Brouillard une partie de la journée	Nombre total
Décembre 1912	4	1	5
Janvier 1913	—	3	3
Février	—	3	3
Mars	—	—	—
Avril	—	—	—
Mai	—	—	—
Juin	—	—	—
Juillet	—	—	—
Août	—	1	1
Septembre	—	2	2
Octobre	—	5	5
Novembre	—	5	5
Décembre	2	4	6
Année météorolog..	4	20	24
Année civile	2	23	25

VIII. Durée d'insolation

Les deux héliographes installés à l'observatoire en 1896 et en 1909 ont fonctionné parallèlement toute l'année ; les deux *tableaux XXXIII* et *XXXIV* fournissent, heure par heure, la

XXXIII. Marche diurne de la durée d'insolation. GENÈVE, 1913 (Ancien héliographe).

PÉRIODE	MATIN								SOIR								Durée d'insolation	Moyenne diurne
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8		
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Déc. 1912...	—	—	—	—	—	2.7	4.8	7.6	4.9	6.5	7.1	2.3	—	—	—	—	35.9	1.16
Janv. 1913..	—	—	—	—	—	4.4	3.2	2.0	4.7	5.3	4.0	1.2	—	—	—	—	24.8	0.80
Février.....	—	—	—	0.9	5.5	11.3	13.6	16.4	18.7	18.7	17.6	10.9	1.4	—	—	—	115.0	4.11
Mars.....	—	—	—	5.1	12.9	13.2	17.3	14.6	15.9	15.7	13.7	11.0	4.3	—	—	—	126.7	4.09
Avril.....	—	—	4.1	11.7	13.8	16.3	17.7	16.2	14.6	15.2	13.6	12.3	8.7	3.8	—	—	148.0	4.93
Mai.....	0.2	1.9	12.5	16.2	19.1	19.0	18.0	19.1	20.2	19.4	19.3	17.4	15.7	11.4	2.5	—	211.9	6.84
Juin.....	0.1	3.4	10.1	14.6	17.1	19.0	17.8	19.9	18.6	19.0	17.7	15.2	15.8	13.5	2.6	—	204.4	6.81
Juillet.....	—	0.7	7.7	13.2	15.7	17.6	17.3	17.3	15.6	17.3	14.7	15.5	14.5	11.6	3.7	—	182.4	5.88
Août.....	—	—	7.3	18.8	20.4	20.1	20.0	21.7	23.6	23.0	22.8	21.8	19.6	17.6	3.1	—	239.8	7.74
Septembre..	—	—	0.3	5.9	11.8	15.3	15.9	16.4	16.0	16.3	16.7	17.0	15.1	2.8	—	—	149.5	4.98
Octobre....	—	—	—	0.6	4.1	9.2	13.8	16.2	17.0	16.9	16.4	15.3	6.3	0.1	—	—	115.9	3.74
Novembre..	—	—	—	0.2	3.5	5.0	5.9	7.4	7.7	8.5	8.3	7.7	0.3	—	—	—	54.5	1.82
Décembre...	—	—	—	—	1.0	5.9	8.8	9.9	8.7	8.2	7.3	2.6	—	—	—	—	52.4	1.69
Hiver.....	—	—	—	0.9	5.5	18.4	21.6	26.0	28.3	30.5	28.7	14.4	1.4	—	—	—	175.7	1.95
Printemps..	0.2	1.9	16.6	33.0	45.8	48.5	53.0	49.9	50.7	50.3	46.6	43.7	28.7	15.2	2.5	—	486.6	5.29
Eté.....	0.1	4.1	25.1	46.6	53.2	56.7	55.1	58.9	57.8	59.3	55.2	52.5	49.9	42.7	9.4	—	626.6	6.81
Automne...	—	—	0.3	6.7	19.4	29.5	35.6	40.0	40.7	41.7	41.4	40.0	21.7	2.9	—	—	319.9	3.52
Année mét.	0.3	6.0	42.0	87.2	123.9	153.1	165.3	174.8	177.5	181.8	171.	150.6	101.7	60.8	11.9	—	1608.8	4.41
Année civ..	0.3	6.0	42.0	87.2	124.9	156.3	169.3	177.1	181.3	183.5	172.	150.9	101.7	60.8	11.9	—	1625.3	4.45

XXXIV. Marche diurne de la durée d'insolation. GENÈVE, 1913 (Nouvel héliographe).

PÉRIODE	MATIN								SOIR								Durée d'insolation	Moyenne diurne
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8		
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Décembre 1912.	—	—	—	—	2.6	5.1	6.0	8.5	8.5	9.2	7.3	2.9	—	—	—	—	50.1	1.62
Janvier 1913...	—	—	—	—	1.0	5.8	6.4	3.2	4 4	5.8	6.6	2.2	0.4	0.2	—	—	36.0	1.16
Février.....	—	—	—	2.0	9.9	13.7	14.3	17.0	18.7	19.6	20.0	17.7	7.4	—	—	—	140.3	5.01
Mars.....	—	—	0.4	7.0	14.2	16.6	17.7	18.0	16.3	17.0	17.3	15.9	14.5	2 3	—	—	157.2	5.07
Avril.....	—	0.7	7.3	14.5	15.5	17.1	18 9	17.7	16.0	16.1	15.6	14.5	12.1	8.1	1.6	—	175.7	5.86
Mai.....	1.0	10.6	16.6	19.1	21.0	20.8	19.6	20.0	21.0	20.5	21.8	19.2	17.4	14.7	9.7	0.5	253.5	8.18
Juin.....	2.2	13 2	17.6	18.1	20.9	22.1	20.0	20.1	19.8	20.5	18 8	19.3	17.2	15.7	10.2	2.0	257.7	8.59
Juillet...	0.4	7.0	13.6	16.0	18.0	19 6	18.2	18.3	17.1	18.4	16.0	16.7	15.0	15.1	11.9	0.9	222.2	7.17
Août.	—	3.1	16.4	21.2	21.8	21.6	20.4	23.2	24.3	23.6	24.0	22 7	20.7	20.5	9.4	0.6	273.5	8.82
Septembre.....	—	—	3.1	8.8	13.9	18.5	17.9	19.0	17.1	17.0	18.5	19.1	16.2	6.8	0.3	—	176.2	5.87
Octobre.....	—	—	—	2.8	7.3	12.4	15 7	17.9	18.4	17.6	17.3	18.3	9.2	0.2	—	—	137.1	4 42
Novembre	—	—	—	0.8	6.0	6.3	8 5	8.6	9.4	9.9	9.1	9.4	1.3	—	—	—	69.3	2.31
Décembre.....	—	—	—	—	3 8	8.0	12.5	10.9	9.7	9.6	8.1	4.4	—	—	—	—	67.0	2.16
Hiver	—	—	—	2.0	13.5	24.6	26.7	28.7	31.6	34.6	33.9	22.8	7.8	0.2	—	—	226.4	2.52
Printemps.....	1.0	11 3	24 3	40.6	50.7	54.5	56.2	55.7	53.3	53.6	54.7	49.6	44.0	25.1	11.3	0.5	586.4	6.37
Eté	2.6	23.3	47.6	55.3	60.7	63.3	58.6	61.6	61.2	62.5	58.8	58.7	52.9	51.3	31.5	3.5	753 4	8.19
Automne	—	—	3 1	12.4	27.2	37.2	42.1	45.5	44 9	44.5	44.9	46.8	26.7	7.0	0.3	—	382.6	4.20
Année métérol.	3.6	34.6	75.0	110.3	152.1	179.6	183.6	191.5	191.0	195.2	192.3	177.9	131.4	83.6	43.1	4.0	1948.8	5.34
Année civile....	3.6	34.6	75.0	110.3	153.3	182.5	190.1	193.9	192.2	195.6	193.1	179.4	131.4	83.6	43.1	4.0	1965.7	5.39

marche diurne de la durée d'insolation indiquée par les deux instruments, aux divers mois, saisons et dans l'année 1913, la dix-septième où ces observations se font à Genève avec le plus ancien des deux. Les deux dernières colonnes des tableaux donnent la durée totale d'insolation et la moyenne diurne pour les différentes périodes de l'année.

De même que 1912, 1913 fournit un total d'heures d'insolation inférieur à la moyenne des quinze années de 1897 à 1911 qui est de 1738 heures à l'ancien héliographe. Le déficit est de 129 heures, supérieur à celui de l'année dernière, mais ce n'est pas un minimum, car on ne comptait que 1548 heures en 1897, et 1601 en 1910.

Le déficit provient surtout de l'été qui a un déficit de 120 heures par rapport à la moyenne (747 h.). Le printemps et l'automne sont à peu près normaux, surtout le printemps. En 1912 le déficit était encore plus grand en été et en automne, et le total peu supérieur à celui de cette année-ci.

Le maximum absolu d'insolation correspond cette année au mois d'août, quoique le nombre d'heures d'insolation soit inférieur à la moyenne de quinze ans. Le minimum absolu est en janvier.

Le total général du tableau XXXIV dépasse de 340 heures celui du tableau XXXIII. C'est un peu moins qu'en 1912, mais cela fait encore tout près d'une heure par jour. Le temps n'a pas été très clair en 1912, et les troubles atmosphériques constatés depuis 1912 peuvent expliquer, cette année encore, la différence d'heures de soleil enregistrées aux deux appareils qui sont de sensibilité différente.

Le *tableau XXXV* est destiné à faire ressortir la différence entre la durée d'insolation du matin et celle de l'après-midi. Comme l'appareil est réglé sur le temps solaire *vrai,* les durées devraient être égales théoriquement, mais, en pratique, elles sont différentes. Le tableau les donne pour les deux héliographes, et il donne aussi la différence *soir—matin* de deux façons, en *heures* et en *pour cent* du total d'heures d'insolation.

L'excédent d'insolation du soir par rapport au matin est maximum en hiver et en automne, comme c'est le cas en général à Genève. Pour les deux autres saisons, la différence est

XXXV. Durée d'insolation avant et après midi.

GENÈVE, 1913.

PÉRIODE	MATIN Nombre d'heures		SOIR Nombre d'heures		DIFFÉRENCE Soir — Matin nombre d'heures		DIFFÉRENCE Soir — Matin %	
	Anc. H.	Nouv. H.	Anc. H.	Nouv. H.	Anc. H.	Nouv. H.	Anc. H.	Nouv. H.
Décembre 1912	15.1	22.2	20.8	27.9	+ 5.7	+ 5.7	+15.9	+11.4
Janvier 1913..	9.6	16.4	15.2	19.6	+ 5.6	+ 3.2	+22.6	+ 8 9
Février	47.7	56.9	67.3	83.4	+19.6	+26.5	+17.0	+18.9
Mars.....	63.1	73.9	63.6	83.3	+ 0.5	+ 9.4	+ 0.4	+ 6.0
Avril	79.8	91.7	68.2	84.0	-11.6	- 7.7	- 7.8	- 4.4
Mai	106.0	128.7	105.9	124.8	- 0.1	- 3.9	0.0	- 1.5
Juin	102.0	134.2	102.4	123.5	+ 0.4	-10.7	+ 0.2	- 4.2
Juillet	89.5	111.1	92.9	111.1	+ 3.4	0.0	+ 1.8	0.0
Août.....	108.3	127.7	131.5	145.8	+23.2	+18.1	+ 9.7	+ 6.6
Septembre....	65.6	81.2	83.9	95.0	+18.3	+13.8	+12.2	+ 7.8
Octobre	43.9	56.1	72.0	81.0	+28.1	+24.9	+24.2	+18.2
Novembre	22.0	30.2	32.5	39.1	+10.5	+ 8.9	+19.3	+12.8
Décembre.....	25.6	35.2	26.8	31.8	+ 1.2	- 3.4	+ 2.3	- 5.1
Hiver	72.4	95.5	103.3	130.9	+30.9	+35.4	+17.6	+15.6
Printemps	248.9	294.3	237.7	292.1	-11.2	- 2.2	- 2.3	- 0.4
Eté	299.8	373.0	326.8	380.4	+27.0	+ 7.4	+ 4.3	+ 1.0
Automne	131.5	167.5	188.4	215.1	+56.9	+47.6	+17.8	+12.4
Année mét....	752.6	930.3	856.2	1018.5	+103.6	+88.2	+ 6.4	+ 4.5
Année civile ..	763.1	943.3	862.2	1022.4	+ 99.1	+79.1	+ 6.1	+ 4.0

faible. Elle est dans le même sens en été qu'en hiver à l'ancien héliographe. Elle est en sens contraire au printemps à cet appareil ; elle l'est aussi dans certains mois du printemps et de l'été au nouvel héliographe.

Le *tableau XXXVI* a été constitué, comme les années précédentes, pour faire ressortir, entre la nébulosité et la durée d'insolation, la relation établie par Billwiller[1], qui avait trouvé que la valeur de la nébulosité moyenne d'une période est, à peu de chose près, égale au rapport entre les heures de non-insolation $(t-i)$ et le total d'heures d'insolation théoriquement possible (t).

Les colonnes du tableau XXXVI s'expliquent ainsi facilement. Le rapport $\frac{t-i}{t}$ a été multiplié par dix, afin d'être rendu

[1] *Archives,* 1889, t. XXI, p. 404.

XXXVI. Comparaison de la durée de la non-insolation a la nébulosité moyenne. GENÈVE, 1913.

PÉRIODE	Durée théorique d'insolation t	Rapport $\frac{t-i}{t} \times 10$ Héliographe ancien	Rapport $\frac{t-i}{t} \times 10$ Héliographe nouveau	Nébulosité moyenne	Différence Héliographe ancien	Différence Héliographe nouveau
	h					
Décembre 1912	270	8.7	8.1	7.8	+ 0.9	+ 0.3
Janvier 1913 .	282	9.1	8.7	9.0	+ 0.1	- 0.3
Février	291	6.1	5.2	5.1	+ 1.0	+ 0.1
Mars	371	6.6	5.8	5.6	+ 1.0	+ 0.2
Avril	408	6.4	5.7	6.8	- 0.4	- 1.1
Mai	465	5.4	4.5	5.5	- 0.1	- 1.0
Juin	471	5.7	4.5	5.5	+ 0.2	- 1.0
Juillet	475	6.2	5.3	5.4	+ 0.8	- 0.1
Août	437	4.5	3.7	3.7	+ 0.8	0.0
Septembre ...	375	6.0	5.3	5.3	+ 0.7	0.0
Octobre	338	6.6	5.9	5.9	+ 0.7	0.0
Novembre	284	8.1	7.6	7.0	+ 1.1	+ 0.6
Décembre	270	8.1	7.5	7.0	+ 1.1	+ 0.5
Hiver	843	7.9	7.3	7.3	+ 0.6	0.0
Printemps	1244	6.1	5.3	6.0	+ 0.1	- 0.7
Eté	1383	5.5	4.6	4.9	+ 0.6	- 0 3
Automne	997	6.8	6.2	6.1	+ 0.7	+ 0.1
Année mét ...	4467	6.4	5.6	6.1	+ 0.3	- 0.5
Année civile ..	4467	6.4	5.6	6.0	+ 0.4	- 0.4

comparable à la nébulosité moyenne de chaque période, dont les valeurs ont été empruntées au tableau XXX.

La relation de Billwiller ne correspond pas beaucoup mieux, cette année, que les quatre précédentes aux indications fournies par les héliographes. Elle correspond cependant mieux, cette année, à celles du nouveau qu'à celles de l'ancien, contrairement à ce que je constatais l'année dernière.

L'enregistreur d'insolation du château du Crest, à Jussy, dont M. Jules Micheli veut bien nous communiquer régulièrement les résultats d'observation, a fourni, en 1913, les durées d'insolation du *tableau XXXVII*.

Le total annuel d'heures d'insolation à Jussy est, cette année encore, un peu inférieur à ce qu'il est à l'observatoire, en comparant naturellement les chiffres du tableau XXXVII à

XXXVII. Durée d'insolation a Jussy, 1913.

	h.		h.
Décembre 1912	48.1	Juin 1913	189.2
Janvier 1913	20.1	Juillet	169.7
Février	122.3	Août	223.0
Mars	124.9	Septembre	129.0
Avril	138.7	Octobre	105.4
Mai	222.4	Novembre	49.5
		Décembre	48.5
Hiver	190.5	Eté	581.9
Printemps	486.0	Automne	283.9
Année météor.	1542.3	Année civ.	1542.7

ceux du tableau XXXIII (ancien héliographe). Cependant en hiver il y a eu plus de soleil à Jussy qu'à Genève. Au printemps les chiffres sont égaux. En été et en automne il y a eu moins de soleil à Jussy.

COMPTE RENDU DE LA SÉANCE

DE LA

SOCIÉTÉ SUISSE DE CHIMIE

tenue à Neuchâtel le 2 mai 1914

Président : M. le Prof. L. Pelet (Lausanne)
Secrétaire : M. le Dr G. von Weisse (Lausanne)

Hommage à M. A. Werner. — Partie administrative. — A. Haller. Action de l'amidure de sodium sur les allyl-dialcoyl-acétophénones. — F. Kehrmann. Les carbonates d'oxonium. — M. Bouvier. Nouvelles observations sur le goudron du vide. — W.-I. Baragiola. Les états de combinaison du soufre dans le vin. — J. Dubski. L'isomérie de valence appliquée aux composés halogénés hétérogènes. — E. Briner. Sur le mécanisme de l'action chimique des décharges électriques. — M. Skossarewsky. Sur quelques propriétés des solutions de l'acétylène et de ses dérivés dans l'ammoniaque liquide. — F. Fichter. Essai d'une théorie du chargement de la soie par le chlorure stannique. — G. Jantsch. Etude des sels des terres rares avec les acides oxydicarboniques. — E. Ferrario. *a)* Oxydation des dérivés organomagnésiens. *b)* Sur les triaryl-méthyl-diphénylamines de Wieland.

M. le prof. Billeter, de l'Université de Neuchâtel, souhaite la bienvenue aux membres présents, puis le président prend la parole pour une allocution en l'honneur de M. le prof. Alfred Werner, lauréat du prix Nobel pour la chimie en 1913. Un médaillon en bronze à l'effigie de Werner, œuvre de M. James Vibert, est remise au lauréat. M. le prof. Fichter, de Bâle, expose dans une conférence intéressante l'œuvre de Werner. Ce dernier reçoit encore les félicitations de M. Haller, de Paris, soit comme compatriote, soit au nom des chimistes français, et celles de M. Noelting au nom des chimistes alsaciens. Il est ensuite donné

lecture de lettres et télégrammes envoyés par MM. Hantzsch, Lunge, Bosshard, Gnehm, etc.

M. Werner remercie en termes chaleureux la Société de l'hommage qui lui est fait ; il expose ensuite l'ensemble de ses derniers travaux sur le dédoublement de corps inorganiques ne contenant pas d'azote (complexes du cobalt, rhodium et autres métaux) et l'obtention de leurs modifications optiquement actives.

Il est procédé à l'admission de 59 nouveaux membres. Parmi les anciens se sont produits trois décès et quatre démissions ; le nombre total des membres a ainsi augmenté de cinquante-deux depuis septembre 1913. Il dépasse actuellement 400.

MM. Guye, Werner et Fichter proposent que le comité étudie la revision des statuts de la Société suisse de Chimie en vue de son inscription au Registre suisse du Commerce. Ils motivent cette proposition par le nombre important des membres ainsi que par la prospérité financière de la Société. A cette fin, selon le Code fédéral des obligations, la Société devrait avoir un siège fixe. Aarau est proposé comme tel. La question est renvoyée au Comité, qui soumettra ses propositions à l'assemblée d'été 1914.

M. Emile Ador met à la disposition de la Société trois exemplaires des œuvres complètes de Marignac qui, selon le désir du donateur, seront joints aux trois premiers prix que la Société aura à décerner.

Un prix de 200 francs est décerné et remis à M. Maurice Bouvier avec le premier exemplaire des œuvres de Marignac, en reconnaissance de son travail sur les produits de distillation de la houille dans le vide, exécuté en collaboration avec M. le prof. Pictet.

Il est communiqué à l'assemblée que la prochaine séance aura lieu à Berne au commencement de septembre, en même temps que la réunion de la Société Helvétique des Sciences naturelles.

A titre d'information, le président annonce qu'un nouveau périodique, la *Schweizerische Chemiker-Zeitung*, vient d'être créé sous la rédaction du Dr Hugo Winkler à Zurich.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

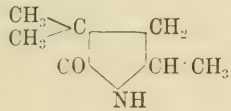
A. Haller et E. Bauer (Paris). — *Action de l'amidure de sodium sur les allyl-dialcoyl-acétophénones. Méthode générale de synthèse des trialcoylpyrrolidones.*

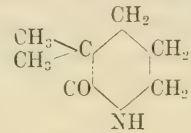
Au cours d'un travail antérieur[1], les auteurs avaient constaté que

[1] *Comptes rendus* 148, 71.

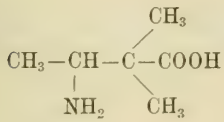
les trialcoylacétophénones, en solution dans les carbures benzéniques et sous l'action de l'amidure de sodium à chaud, se dédoublent en benzène et amide trialcoylacétique. Les allyl-dialcoylacétophénones, par contre, sont considérablement plus stables vis-à-vis de l'amidure de sodium et, comme il a été établi récemment, ne se scindent qu'en solution très concentrée.

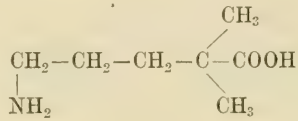
Le produit obtenu avec la diméthyl-allylacétophénone est un corps qui fond à 92° et dont la formule brute ($C_7H_{13}ON$) correspond bien à l'amide $(CH_3)_2(C_3H_5)C{\cdot}CONH_2$ qui devrait se former suivant la réaction générale établie pour les trialcoylacétophénones. Il ne présente toutefois aucun des caractères fonctionnels d'une amide, et les auteurs ont envisagé la possibilité de se trouver en présence d'un corps cyclique, soit de la *3, 3, 5-triméthylpyrrolidone-2* ou de la *3, 3-diméthylpipéridone-2*.





qui sont respectivement les lactames des acides $\alpha\alpha$-diméthyl-γ-aminovalérianique et $\alpha\alpha$-diméthyl-δ-aminovalérianique





Le corps fondant à 92°, stable vis-à-vis de la potasse alcoolique, subit une rupture de son noyau sous l'action de l'acide chlorhydrique à 120° ; il donne naissance à un chlorhydrate cristallisé, dont la solution aqueuse précipite l'acide chloroplatinique et qui se comporte comme le dérivé analogue de l'acide $\alpha\alpha$-diméthyl-γ-aminobutyrique de Blaise [1].

Les auteurs ont en outre préparé : 1° le chlorhydrate et le chloroplatinate de l'éther de l'amino-acide ; 2° le dérivé N-méthylé du lactame ; 3° par oxydation au moyen du permanganate, un produit que l'on peut transformer en acide mésitonique, ce qui est incompatible avec la formule pipéridonique ; 4° par oxydation au moyen de l'acide nitrique, l'acide diméthylmalonique, que l'on obtient également en partant de l'acide mésitonique.

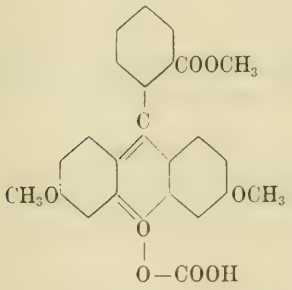
[1] *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **21**, 545).

La nature pyrrolidonique du produit est ainsi démontrée. Pour identifier ce corps avec la 3,3,5-triméthylpyrrolidone-2, les auteurs ont procédé à la synthèse de ce dernier composé en partant de l'acide mésitonique préparé par la méthode de Lapworth au moyen de l'oxyde de mésityle. Le produit obtenu est identique au corps fondant à 92°.

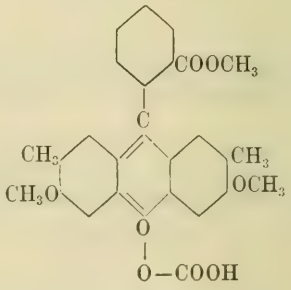
Il est ainsi établi que l'action de l'amidure de sodium sur les allylacétophénones dialcoylées conduit à la synthèse de produits pyrrolidoniques trialcoylés et les auteurs se proposent d'en préparer quelques représentants par cette nouvelle méthode.

F. Kehrmann, A. Bohn et M. Lada (Lausanne). — *Les carbonates d'oxonium.*

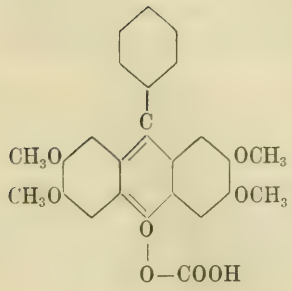
On obtient ces corps par double décomposition des chlorures correspondants avec le bicarbonate de potassium. Le chlorure de la formule IV est celui qui fournit le plus facilement un carbonate.



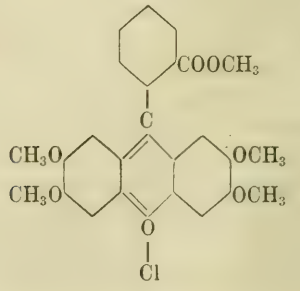
I



II



III



IV

Les chlorures, traités en solution aqueuse diluée et à basse température par un léger excès d'oxyde d'argent, se convertissent en bases oxonium libres, solubles dans l'eau avec une réaction alcaline et possédant la même couleur et la même saveur amère que les chlorures.

Lorsqu'on essaye d'isoler ces bases par concentration de leur solution aqueuse, elles se décomposent en se transformant, soit en lactones (I, II, IV), soit en carbinol (III) incolores et insolubles dans l'eau.

A. Pictet et M. Bouvier (Genève). — *Nouvelles observations sur le goudron du vide.*

Dans une précédente communication, les auteurs ont montré que, lorsqu'on distille la houille sous pression réduite (12 à 15 mm.) et à une température ne dépassant pas 450°, on obtient des eaux à réaction acide (1,5 %) et un goudron (4 %) fort différent du goudron ordinaire.

Ce *goudron du vide* ne contient pas de substances aromatiques, pas de phénols, mais bien des hydrocarbures hydroaromatiques, des alcools, et une certaine quantité de bases parmi lesquelles les bases secondaires semblent prédominer. Il doit être considéré comme un produit intermédiaire de la formation du goudron ordinaire, car il donne celui-ci par décomposition pyrogénée au rouge vif. Deux hydrocarbures, $C_{10}H_{20}$ et $C_{11}H_{22}$, en ont déjà été isolés et reconnus pour identiques à des hydrocarbures retirés par Mabery du pétrole de Canada ; $C_{10}H_{20}$ est le 1, 2, 4, 5-tétraméthylcyclohexane, $C_{11}H_{22}$ est probablement un pentaméthylcyclohexane. Il y a aussi dans le goudron du vide beaucoup de carbures non saturés.

La suite de ce travail a été grandement facilité par la « Gesellschaft für chemische Industrie », à Bâle, qui a bien voulu préparer à cette intention une soixantaine de kilos de goudron du vide.

Les auteurs ont dès lors : 1° complété la série des hydrocarbures saturés ; 2° commencé l'étude des alcools.

Les hydrocarbures. Dans les fractions supérieures à $C_{11}H_{22}$, deux nouveaux carbures saturés ont été isolés ; ils possèdent tous deux la formule $C_{12}H_{24}$ et sont peut-être des hexaméthylcyclohexanes stéréoisomères. Dans une fraction inférieure à $C_{10}H_{20}$ on a isolé un carbure C_9H_{18}, qui est probablement un triméthylcyclohexane. Sans avoir pu encore établir la constitution de ces nouveaux carbures, les auteurs ont, ici encore, constaté leur identité avec trois autres carbures retirés par Mabery des pétroles du Canada et de la Californie ; cela confirme leur idée d'une relation entre la houille et le pétrole. Voici quelles sont les propriétés des cinq hydrocarbures saturés retirés jusqu'ici de la houille :

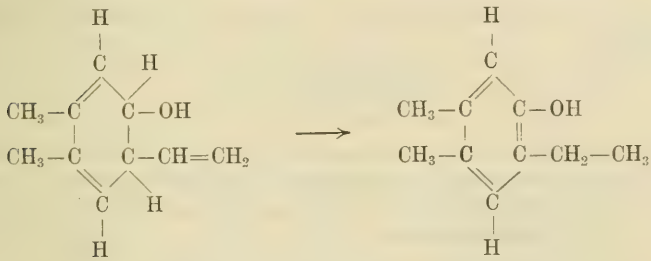
Point d'ébull. à 730 mm.	Formule	Densité	Indice de réfraction	Réfraction moléculaire trouvée	Réfraction moléculaire calculée
135-137°	C_9H_{18}	$D\frac{20}{4}=0,7590$	$n_D^{20}=1,4096$	41,08	41,4
172-174°	$C_{10}H_{20}$	$D\frac{23}{4}=0,7765$	$n_D^{23}=1,4196$	46,58	46,03
189-191°	$C_{11}H_{22}$	$D\frac{22}{4}=0,7838$	$n_D^{22}=1,4234$	50,07	50,63
211-213°	$C_{12}H_{24}$	$D\frac{21}{4}=0,7862$	$n_D^{21}=1,4293$	55,12	55,23
215-217°	$C_{12}H_{24}$	$D\frac{21}{4}=0,7884$	$n_D^{21}=1,4295$	55,02	55,23

Les propriétés des hydrocarbures correspondants, retirés par Mabery des pétroles américains, sont :

Point d'ébullition	Formule	Densité	Indice de réfraction
135°	C_9H_{18}	$D = 0,7591$	
173-174°	$C_{10}H_{20}$	$D\frac{20}{4} = 0,7770$	$n_D = 1,4149$
189-191°	$C_{11}H_{22}$	$D\frac{20}{4} = 0,7838$	$n_D = 1,4231$
212-214°	$C_{12}H_{24}$	$D\frac{24}{4} = 0,7857$	
215-217°	$C_{12}H_{24}$	$D = 0,7857$	$n_D = 1,4241$

Les alcools. — Le goudron du vide, lavé à l'acide sulfurique dilué pour éloigner les bases, est agité longtemps et à plusieurs reprises avec de la soude diluée ; l'huile restante est séchée, puis traitée à une température voisine de l'ébullition par le sodium. Il se précipite un abondant sel blanc, que l'on sépare de l'huile par filtration, qu'on lave à l'éther sec et décompose par l'eau froide ; il se sépare alors une huile que l'on décante, que l'on sèche et fractionne dans le vide. Les premières fractions sont des huiles incolores, à odeur agréable de menthol et possédant toutes les propriétés d'alcools. Elles forment des éthers avec les chlorures d'acétyle et de benzoyle, avec dégagement d'acide chlorhydrique. La fraction la plus basse (170°-175°) est constituée par un alcool saturé de la formule $C_7H_{14}O$, qui correspond à un *méthylcyclohexanol.* Les auteurs ont préparé son phényluréthane et l'ont comparé avec les phényluréthanes des trois méthylcyclohexanols

artificiels, fournis par la maison Poulenc. Ils ont ainsi constaté l'identité de leur produit avec le *méthylcyclohexanol 1, 4* (hexahydroparacrésol). Dans les fractions suivantes ils ont isolé des alcools de formules $C_8H_{10}O$ (185°-190°), $C_9H_{12}O$ (230°-235°) et $C_{10}H_{14}O$ (215°-220°). Ce sont des alcools non saturés. Mais ceux-ci, doués d'une odeur mentholée très agréable, deviennent très vite solubles dans les alcalis en prenant une odeur très prononcée de phénols. Le mécanisme de cette transformation n'a pas encore pu être élucidé; il réside peut-être dans une isomérisation, que l'on pourrait représenter comme suit :



Une partie des alcools du goudron du vide seraient ainsi des dérivés du cyclohexadiène avec chaîne latérale non saturée, forme instable qui se transformerait lentement en dérivés benzéniques avec chaîne latérale saturée. On aurait ainsi une explication du fait que le goudron du vide ne renferme de phénols qu'un certain temps après sa préparation.

W. I. Baragiola et O. Schuppli (Wädenswil). — *Les états de combinaison du soufre dans le vin.*

Continuant leurs recherches sur les bilans des extraits, des cendres et des acides du vin, les auteurs ont commencé à établir ceux de chacun des éléments du vin, en particulier celui du soufre. Il était nécessaire, à cette fin, de connaître les formes sous lesquelles le soufre entre dans la composition du vin.

Le soufre se trouve dans le vin principalement à l'état d'acide sulfurique, d'acide sulfureux et de soufre dit neutre (soufre des albuminoïdes, etc.). Dans certains cas on le rencontre à l'état d'hydrogène sulfuré et de mercaptans. La présence d'acides tétrathionique et pentathionique, ainsi que de soufre en fausse solution dans le vin, n'est pas encore établie avec certitude. Les auteurs se sont bornés, pour le moment, à étudier les vins qui ne contiennent le soufre qu'aux trois états cités en premier lieu.

Les travaux de Magnanini, Venturini, Baragiola et Godet, Montanari et Maltese, ont démontré que l'acide sulfurique dans

le vin est entièrement neutralisé, sous forme de sulfates inorganiques, en majeure partie de sulfate de potasse. Une autre portion de cet acide, moins importante, y existe probablement à l'état d'éthers-sels (éthylique, glycérique, etc.).

L'acide sulfureux se trouve dans le vin, soit à l'état libre, soit à l'état combiné. Ce dernier cas est celui de l'acide acétaldéhyde-sulfureux, considéré autrefois comme acide oxyéthane-sulfurique

$$CH_3-CH<^{OH}_{SO_3H}$$

mais qu'il faut plutôt envisager comme un éther-sel de l'acide sulfureux

$$CH_3-CH<^{O-SO_2H}_{OH}$$

Ce corps est un acide de la force de l'acide chlorhydrique ; il est donc évidemment entièrement neutralisé. L'acide sulfureux libre, non combiné à l'aldéhyde, ne sera, selon sa constante de dissociation, qu'à moitié neutralisé.

On n'est que très peu renseigné sur le soufre dit neutre.

Pour établir le bilan, on dose, d'une part la totalité du soufre, d'autre part les trois types de combinaison isolément ; la somme est égale au soufre total. On peut encore établir des bilans partiels pour les sulfates et les sulfites. Pour le premier, l'acide sulfurique total sera réparti entre la quantité combinée aux bases inorganiques et la partie formant des éthers sulfuriques. Le bilan des sulfites établira le rapport entre la totalité de l'acide sulfureux, déterminée par le procédé de *Haas*, la quantité d'acide sulfureux libre, et celle de l'acide combiné, dosé selon la méthode de *Mathieu-Billon*.

Le détail des manipulations analytiques sera publié ailleurs.

J. Dubski (Zurich). — *L'isomérie de valence appliquée aux composés halogénés hétérogènes.*

De nombreux cas de chromo-isomérie chez les corps organiques salins peuvent être interprétés au moyen de la notion de l'isomérie de valence. L'auteur a entrepris une étude pour chercher si des phénomènes analogues se présentent parmi les sels halogénés minéraux, si, en d'autrestermes, il existe des sels doubles correspondant à la formule générale $MeX_2 \cdot Me'Y$ en même temps que leurs isomères $MeY_2 \cdot 2Me'X$ (Me est un métal bivalent, Me' un métal ou radical monovalent, X et Y deux halogènes). Selon la conception de Werner, ces corps auraient la constitution :

On connaît, entre autres, des sels doubles du thallium monovalent et du thallium trivalent : $TlBr_3 \cdot 3TlCl$ (rouge), $TlCl_3 \cdot 3TlBr$ (orangé), qui ne sont cependant pas des isomères de valence.[1]

En faisant cristalliser un mélange de sels MeX_2 et $Me'Y$ on n'obtient généralement que deux espèces de sels doubles qui contiennent un seul halogène chacun, soit un mélange de $MeX_2 \cdot 2Me'X$ et $MeY_2 \cdot 2Me'Y$. L'auteur cite à ce sujet les travaux d'Atkinson et de Herty sur les halogénures doubles d'antimoine, ceux de Wells sur les sels de mercure, enfin une série de publications de Rayman et Preis, Field, Fouzes-Diakon, Harth, Thomas, Grossmann.

Un autre mode de préparation serait la précipitation de sels doubles hétérogènes dans un milieu où ils sont insolubles, alors qu'il maintient en solution chacun des composants. Ce cas est signalé par M. R. Jahoda[2] pour les halogénures doubles de papavérine dans l'alcool absolu.

Par cette méthode, et en collaboration avec M. *Vretos,* l'auteur a obtenu, avec un bon rendement et à l'état de poudre cristalline très pure, les sels doubles suivants :

2HCl-Papavérine		$\cdot CdBr_2$	et	2HBr-Papavérine		$\cdot CdCl_2$
2HCl-	»	$\cdot CdI_2$	et	2HI-	»	$\cdot CdCl_2$
2HBr-	»	$\cdot CdI_2$	et	2HI-	»	$\cdot CdBr_2$
2HCl-	»	$\cdot ZnBr_2$	et	2HBr-	»	$\cdot ZnCl_2$

Les sels doubles isomères ainsi préparés sont absolument identiques en ce qui concerne leurs points de fusion et leurs solubilités. De même, leurs propriétés optiques, selon les observations de M. Niggli, sont identiques, notamment leur pouvoir rotatoire.

Cette identité confirme l'opinion de Werner, qu'il n'y a pas de différence de principe entre les valences principales et les valences accessoires (Haupt- und Nebenvalenzen). Les deux valences accessoires se rapprocheraient des valences principales à un tel degré, que les quatre atomes d'halogène seraient liés à l'atome métallique par des forces d'affinité identiques. La différence qui existe entre les valences accessoires et les valences principales est généralement quantitative, et non qualitative.

[1] Cushman, *Am. Chem. Journ.*, **24**, 222 ; **26**, 505.

[2] *Monatshefte f. Chem.* **7**, 506.

E. Briner (Genève). — *Sur le mécanisme de l'action chimique des décharges électriques.*

Les nombreux essais d'interprétation de ce mécanisme tendent à assimiler cette action, les uns à un phénomène thermique, les autres à un phénomène ionique ; dans les derniers travaux on paraît incliner à faire une part trop grande à l'ionisation. L'auteur pense qu'en l'état actuel on ne doit pas se montrer exclusif, parceque des actions thermiques et ioniques s'exercent toujours simultanément lors du passage de décharges dans un gaz et qu'on peut même, pour être complet, leur adjoindre des actions photochimiques.

En se plaçant au point de vue thermique, une interprétation simple[1] consiste à attribuer un rôle essentiel aux atomes mis en liberté par la dissociation des molécules des éléments. Cette dissociation est loin d'être négligeable si l'on considère : 1° les températures moyennes élevées qui peuvent être réalisées dans certaines régions du parcours des décharges ; 2° les températures individuelles, encore beaucoup plus élevées, des molécules dont, selon la loi de répartition de Maxwell, les énergies cinétiques sont les plus grandes (ainsi, à la température moyenne de 2500°, on peut estimer approximativement à 10 % la proportion des molécules qui ont plus de 3500° et à 3 % celle des molécules qui ont plus de 4800°) ; 3° les travaux modernes qui ont démontré expérimentalement la dissociation en atomes des molécules de différents éléments. Cette interprétation permet de rendre compte qualitativement de la genèse commune, par les décharges électriques et à partir des atomes, de corps aussi différents que NH_3, NO, CNH, O_3, etc.

D'autre part, des recherches récentes paraissent mettre en évidence l'intervention de facteurs purement ioniques, des faits tels que les rendements et la concentration optima réalisées sous de certaines pressions (Haber et König, Briner et Mettler, Durand, Kahn) étant difficilement explicables par une action thermique seule.

Enfin, la décomposition de l'oxyde d'azote, de l'ammoniaque, etc. opérée par les radiations ultraviolettes, montre aussi que ces radiations, émises en grand nombre par les décharges électriques, doivent jouer un rôle dans le phénomène.

C'est dans le but d'essayer de dégager, dans l'action chimique des décharges électriques, ce qui revient à chacun de ces facteurs : thermique, électronique et photochimique, que l'auteur a entrepris, avec plusieurs collaborateurs, une série de recherches systématiques dont les résultats seront communiqués ultérieurement.

[1] *J. Chim. phys.*, **12**, 109.

M. Skossarewsky (Genève). — *Sur quelques propriétés des solutions de l'acétylène et de ses dérivés dans l'ammoniaque liquide.*

L'idée de considérer l'acétylène comme un acide faible n'est pas nouvelle. Les propriétés et le mode de formation de ses dérivés métalliques le rapprochent des acides faibles, tels que l'hydrogène sulfuré, l'acide cyanhydrique, etc.

Les propriétés acides de l'acétylène ont déjà fait le sujet de recherches de la part de J. Bilitzer (Monatshefte 23). En étudiant l'influence qu'a sur la solubilité de l'acétylène dans l'eau l'addition de certains électrolytes (BaO_2H_2, NaOH, etc.), cet auteur est arrivé à la conclusion que l'acétylène est un acide 4000 fois plus faible que l'acide carbonique.

M. Skossarewsky s'est proposé de reprendre l'étude des propriétés acides des hydrocarbures acétyléniques, en se servant de la conductibilité électrique de leurs solutions dans l'ammoniaque liquide.

L'ammoniaque était obtenue à l'état de pureté à partir du gaz liquéfié du commerce, par la méthode de Franklin et Kraus (Am. Chem. Journ. 21).

L'acétylène, préparé à partir du carbure de calcium commercial, subissait une purification chimique minutieuse, suivie d'une distillation fractionnée à la température de l'air liquide.

Les expériences qui font le sujet de cette communication ayant le caractère d'essais préliminaires, on se bornera à indiquer les ordres de grandeurs des conductibilités mesurées, sans donner de chiffres exacts.

Les mesures ont été effectuées à — 45° et à 0°. Pour les premières, on s'est servi d'un thermostat de construction spéciale, permettant de maintenir des températures au-dessous de 0° à $^1/_{20}$ de degré près. La température était mesurée au moyen d'un thermomètre à résistance, donnant le cinquantième de degré.

Les mesures à 0° ont été faites dans un grand bac à double enceinte, rempli de glace.

La conductibilité de l'ammoniaque variait à — 45° de 10^{-8} à 5.10^{-7}, et à 0° de 3.10^{-6} à 5.10^{-6}.

Les conductibilités moléculaires de l'acétylène sont à — 45° de l'ordre de grandeur de 0,01 à 0,02 pour des solutions $^1/_{20}$ et $^1/_{25}$ normales. A 0° elles sont sensiblement plus grandes et atteignent 0,028 à 0,14 pour des concentrations variant de 0,2 à 0,6 normales. Elles sont donc du même ordre de grandeur que celles des phénols dans l'eau.

L'acétylénure de sodium donne des solutions beaucoup plus conductrices. On pouvait d'ailleurs s'y attendre par analogie avec les sels alcalins des acides faibles. Les solutions de l'acétylé-

nure contiennent toujours en suspension des traces de soude, provenant de l'oxydation du sodium, et qu'on ne peut guère éviter. La dissociation électrolytique de la soude étant très grande, il était à prévoir que sa présence aurait une influence considérable sur la conductivité des solutions, quoique la soude soit considérée comme pratiquement insoluble dans l'ammoniaque liquide (Bronn : « Das flüssige Ammoniak als Lösungsmittel »). Afin de se rendre compte de l'influence de la soude sur la conductibilité des solutions d'acétylénure de sodium, l'auteur a entrepris, en collaboration avec M. Tchitchinadzé, l'étude de la solubilité de la soude dans l'ammoniaque liquide.

Les premiers essais ont permis de conclure que l'influence de la soude est moins grande qu'on ne le supposait, car la conductibilité de la solution n'atteint, dans ces expériences, qu'environ $^1/_{50}$ de la conductibilité de l'acétylénure.

On peut en conclure que l'acétylénure est un bon électrolyte ; en effet l'expérience a donné pour sa conductibilité moléculaire des valeurs du même ordre de grandeur que celle de l'acétate de soude dans l'eau.

A la suite de ces expériences, l'auteur se croit autorisé à considérer le rapprochement entre l'acétylène et ses dérivés métalliques d'un côté et les acides organiques et leurs sels de l'autre, comme complètement justifié.

Ces recherches seront continuées dans l'intention d'obtenir un matériel numérique plus considérable et plus exact et de l'appliquer à l'étude de l'électrolyse de l'acétylène et de ses dérivés métalliques.

Fr. Fichter et Emil Müller (Bâle). — *Essai d'une théorie du chargement de la soie par le chlorure stannique.*

Se basant sur les résultats de réactions faites avec des aminoacides simples, tels que le glycocolle et l'α-alanine, les auteurs considèrent l'absorption du chlorure stannique par la soie comme un phénomène d'addition chimique, avec formation de substances de la formule générale : $[Sn\,(aminoacide)_4]Cl_4$. Ces combinaisons, en s'hydrolysant, parcourent une série d'états intermédiaires, en remplaçant successivement leur chlore par le groupe hydroxyle et en mettant en liberté, l'une après l'autre, les molécules de l'aminoacide. Parmi les trois états intermédiaires possibles :

$$[Sn(OH)(aminoacide)_3]Cl_3 \qquad [Sn(OH)_2(aminoacide)_2]Cl_2$$
$$[Sn(OH)_3(aminoacide)]Cl$$

deux représentants ont pu être isolés jusqu'à présent. A l'état d'hydrolyse complète, il n'y a plus de combinaison entre l'atome

d'étain et l'aminoacide. Dans le cas de la soie, la fibre serait finalement régénérée avec ses propriétés initiales, et redeviendrait apte, soit à être rechargée par le chlorure stannique, soit à être traitée par les matières colorantes. Cette simple hypothèse permettrait d'expliquer un procédé technique au moyen de la théorie de la coordination de Werner.

G. Jantsch (Zürich). — *Etude des sels des terres rares avec les acides oxydicarboniques.*

A la suite de ses travaux sur les sels des terres rares avec les acides α-oxymonocarboniques, l'auteur a étudié ceux des acides oxydicarboniques et en particulier de l'acide malique. Ces derniers se présentent sous deux formes hydratées :

$$Me_2(C_4H_4O_5)_5, 8H_2O\,(9H_2O) \quad \text{et} \quad Me_2(C_4H_4O_5)_5, 6H_2O\,(7H_2O)$$

Les hydrates inférieurs sont obtenus à la température du bain-marie, les supérieurs à froid. La conductivité électrique des solutions de ces sels est très faible et de l'ordre de grandeur de celles des malates de cobalt et de nickel. En conséquence, ces malates des terres rares doivent être considérés comme sels complexes internes. Ils sont difficilement solubles dans l'eau pure, mais s'y dissolvent facilement en présence d'acide malique ou de malates alcalins. Dans ces solutions, l'ammoniaque ne précipite les hydrates métalliques qu'au bout de quelque temps. L'alcool précipite des corps bien cristallisés, qui sont des acides complexes métallomaliques ou leurs sels alcalins, constitués selon les formules générales suivantes :

$$[Me(C_4H_4O_5)_2]H \cdot xH_2O \qquad [Me(C_4H_4O_5)_2]R \cdot H_2O$$
$$[Me(C_4H_4O_5)_3]R_3 \cdot H_2O$$

Ces substances sont très peu stables, particulièrement dans la série des éléments du groupe du cérium. Leurs solutions abandonnent assez rapidement les malates simples sous forme de précipités. Par contre elles sont stables en présence d'acide malique ou de malates alcalins. La nature complexe de ces substances est démontrée par les mesures du nombre de transport : la concentration du lanthane dans le liquide anodique augmente.

Tandis que la littérature signale des malates complexes assez nombreux qui n'ont pas pu être isolés, l'auteur a réussi à isoler plusieurs complexes maliques des terres rares et par là à élucider leur mode de formation. Il a abordé l'étude des tartrates correspondants.

E. Ferrario (Milan). — a) *Oxydation des dérivés organo-magnésiens.*

En collaboration avec M. S. Körner, l'auteur a continué l'étude de l'oxydation du réactif de Grignard. Tandis que Boudroux avait opéré avec l'oxygène de l'air, il s'est servi des peroxydes de sodium et de baryum. La réaction se passe comme suit :

$$1^{\circ}\quad R-MgBr + O = R-O-MgBr$$

$$2^{\circ}\quad \begin{matrix} R-MgBr \\ R-MgBr \end{matrix} + O = \begin{matrix} R \\ R \end{matrix} + O \begin{matrix} \diagup MgBr \\ \diagdown MgBr \end{matrix}$$

Le pourcentage en alcool, phénol et hydrocarbure varie suivant l'oxydant employé et la méthode.

En opérant avec le benzène monobromé, les ortho-, méta- et para-bromotoluènes, l'anisol parabromé, l'α-bromonaphtaline, la dibromo-1-4-naphtaline, le chlorure de benzyle, le chlorure ou l'iodure de méthyle, d'éthyle, de propyle et d'isopropyle, les auteurs sont arrivés aux conclusions suivantes : avec les peroxydes de sodium et de baryum, on obtient des rendements en alcool ou en phénol qui sont supérieurs à ceux de Boudroux ; il y a formation d'une grande quantité d'hydrocarbure R-R ; mais, tandis que dans la série aromatique on obtient avec le peroxyde de sodium des rendements en hydrocarbures supérieurs et en phénol inférieurs à ceux que fournit le peroxyde de baryum, dans la série aliphatique c'est le contraire.

b) *Sur les triaryl-méthyl-diphénylamines de Wieland.*

Wieland, en faisant agir le triphénylméthyle sur la triphénylamine, a obtenu la triphénylméthyldiphénylamine sous la forme d'aiguilles fusibles à 172°. L'auteur, en faisant agir le triphénylcarbinol sur la diphénylamine, a obtenu aussi une triphénylméthyldiphénylamine, mais fort différente de celle de Wieland (F. 240°) quoique sa constitution dût être la même ; il a dès lors continué, en collaboration avec M. Guckowski, l'étude de différents corps analogues et il a pu aisément préparer les composés suivants :

	Pt de fus.
triphénylméthyl-N-carbazol	335°
» -α-phénylnaphtylamine	230°
» -β- » »	242°
p-chlorotriphénylméthyl-diphénylamine	206°
» » -α-phénylnaphtylamine	230°
» » -β- » »	240°
» » -N-carbazol	196°
p-bromotriphénylméthyl-diphénylamine	270°
» » -β-phénylnaphtylamine	220°
» » -N-carbazol	242°

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 2 avril 1914

B. P. G. Hochreutiner. Sur l'évolution du fruit dans le genre Grewia et sur l'anatomie de la feuille de deux nouvelles espèces de ce genre. — Th. Tommasina. Les pseudo-expériences et la densité mécanique de l'espace physique.

M. B. P. G. Hochreutiner fait une communication *sur l'évolution du fruit dans le genre Grewia et sur l'anatomie de la feuille de deux nouvelles espèces de ce genre.*

Il montre qu'à partir d'un ovaire biloculaire contenant 2 à 30 ou 40 ovules on voit se former chez diverses espèces des fruits très différents. Tantôt c'est une drupe à un noyau, contenant deux cavités correspondant aux loges [1]. Tantôt les deux loges s'individualisent, de sorte qu'il y a deux noyaux, ayant une loge chacun. Dans d'autres cas, les plus nombreux, il se forme une fausse cloison longitudinale dans chaque loge de l'ovaire et chacun des deux noyaux possède deux loges latérales. Dans ce cas on voit toujours le fruit présenter un double sillon sagittal plus ou moins marqué qui peut s'accuser au point de rappeler à s'y méprendre le fruit de l'*Ivonyenus europaeus* ou même de certains *Ivoclia*. Lorsque les deux sillons sont très profonds, comme par exemple chez la plupart des *Oppositifloræ* de Burret, les deux noyaux finissent par se séparer chacun en deux moitiés indépendantes. Le fruit est alors une drupe à quatre noyaux uniloculaires correspondant chacun à une demi-loge de l'ovaire. Le processus est tout à fait analogue à celui du tetrakène des *Labiées*.

Mais la différenciation va plus loin. Certaines espèces pré-

[1] Chez un grand nombre d'espèces la formation d'un seul noyau uniloculaire peut se produire aussi par avortement des autres, mais ce sont des variations se produisant chez le même individu et on se rend compte de l'avortement par la position latérale du style.

sentent à l'intérieur de chaque noyau de fausses cloisons transversales et il en résulte qu'on observe alors des noyaux pourvus de plusieurs cavités qui sont toutes uniséminées. Dans ce cas les cavités sont toujours plus ou moins superposées.

Il est évident que ce ne peut être là qu'un stade transitoire, car il est fort mal adapté à la dissémination. Cette hypothèse vient d'être confirmée par l'observation que l'auteur a faite chez certaine espèce de Madagascar de la formation d'un grand nombre de noyaux superposés au lieu et place de chacun des noyaux primitifs. Ainsi, le fruit, tout en conservant une forme analogue à celle qui est usuellle dans le genre, renferme cependant 10 à 15 noyaux qui ne sont accollés les uns aux autres que par le pericarpe charnu.

Enfin, dernier stade, le fruit peut modifier sa forme et s'allonger d'une manière inusitée lorsque ces nombreux noyaux au lieu de rester en place tendent à s'intercaler les uns au-dessous des autres au fur et à mesure de la croissance. On observe alors un fruit cylindrique qui présente parfois des sillons transversaux homologues aux sillons sagittaux comme chez la plupart des *Grewia*. C'est également chez une nouvelle espèce de *Grewia* de Madagascar que l'auteur a observé cette disposition.

Pour terminer M. Hochreutiner appelle l'attention sur la présence à la face inférieure des feuilles de ces deux espèces malgaches de sillons microscopiques parcourant en tous sens l'épiderme et jalonnant les endroits où se trouvent de minuscules faisceaux libéroliqueux. Ces dépressions sont revêtues d'un nombre immense de petites glandes pédicellées et capitées qui présentent une sécrétion d'un pouvoir osmatique assez grand, car plongés dans la glycérine mélangée d'eau, la plupart de ces petites têtes ont éclaté.

Il y aurait intérêt à faire une étude plus complète de ces organes, car ils paraissent être en rapports étroits avec les plus petites des nervures. Celles-ci sont encadrées en haut par une assise de cellules contenant de gros cristaux d'oxalate de chaux et en-dessous par le sillon pourvu des glandes tripitées caractéristiques.

Enfin, l'épiderme supérieur de ces feuilles est formé de larges cellules bourrées de tannin. C'est ce qui cause la teinte noirâtre de la face supérieure des feuilles et qui donne à celles-ci une apparence discolore très remarquable.

Si ces caractères devaient se retrouver chez toutes les espèces à fruits multipyrénés, il y aurait là matière pour une bonne caractéristique générique, mais comme cette organisation foliaire pourrait bien être seulement spécifique, l'auteur se borne pour le moment à renvoyer ces deux nouvelles espèces dans une nouvelle section, *Burretin*, qu'il dédie à l'auteur de la consciencieuse revision des *Grewia* africains dans les *Jahrbücher* de Ungles (v. 45).

L'auteur se réserve de publier la description de ces nouveautés avec de plus amples détails dans l'*Annuaire des Conservatoire et Jardin botaniques* de Genève.

M. Th. Tommasina. — *Les pseudo-expériences et la densité mécanique de l'espace physique.* — Cinquante-troisième Note *sur la physique de la gravitation universelle.*

Pour les mathématiciens s'occupant de physique, un système d'équations est plus réel que le fait, parce qu'il indique l'ensemble des faits du même ordre, pour les physiciens cela n'est qu'une généralisation symbolique représentant schématiquement la marche du phénomène et les lois qui le régissent. Mais cette généralisation étant obtenue par une simplification, toujours plus ou moins arbitraire, ne peut représenter complètement le fait, ni en préciser la nature. Or, une telle simplification, qui n'est qu'un moyen, constitue une commodité même une nécessité pour les analystes, lesquels en la substituant au fait finissent par y voir toute la réalité physique. Au contraire les chercheurs de laboratoire ont toujours devant eux les manifestations les plus évidentes de la complexité, aussi leur est-il impossible de l'oublier dans la recherche des causes auxquelles on doit attribuer les résultats expérimentaux.

Le fait est que la simplicité n'est qu'une abstraction, tandis que la complexité, établie par les physiciens, est la réalité, ceux-ci doivent donc fournir aux mathématiciens non pas les faits bruts, mais leur interprétation et leur théorie, pour que ces derniers les traduisent en langage analytique. Les mathématiciens, dont la méthode de travail a pour guide des principes abstraits, ramènent involontairement les questions physiques hors des données du champ expérimental. On introduit souvent ainsi, en physique théorique, un langage qui ne répond plus du tout aux faits, au monde concret où les phénomènes se passent, où le physicien doit les considérer et les étudier s'il veut découvrir les lois réelles et non imaginaires qui les régissent. C'est l'expérience seule qui fournit les connaissances permettant d'établir les mécanismes cachés mais nécessaires à la production des phénomènes, car ces mécanismes, fondements essentiels de la physique théorique, doivent être d'accord avec leurs manifestations sensibles, et ne peuvent être contrôlés que dans les résultats expérimentaux qu'ils font prévoir. L'analyse mathématique est certainement une aide utile, mais elle ne découvre rien, elle ne donne à la fin que ce que l'on y a introduit.

Les mathématiciens utilisent un nouveau type d'expériences, ce sont des expériences abstraites, théoriques, des expériences purement supposées, qu'ils considèrent comme réalisables, tandis

qu'elles ne le sont pas. C'est ce qu'ils ont imaginé, par exemple, pour l'étude du rayonnement noir, avec leur enceinte parfaite de très grandes dimensions, le petit corps noir rayonnant placé au centre et la petite ouverture pratiquée dans l'une des parois, d'où à l'aide d'un spectroscope muni d'un bolomètre on examine la radiation qui sort de l'ouverture pour connaître ainsi l'état du rayonnement qui existe à l'intérieur de l'enceinte. M. Lorentz fait remarquer qu'en général ce ne sera que pendant un temps extrêmement court, *beaucoup trop court pour permettre des observations,* que les rayons sortant de l'ouverture correspondront à l'état normal. Or, si l'on reconnait que le dispositif imaginé ne permet pas de faire des observations, pourquoi l'a-t-on imaginé, à quoi sert-il ? Le fait est qu'un tel dispositif n'a d'expérimental que l'apparence, il est purement théorique. Après une longue série de travaux analytiques tout le monde a dû reconnaître que les résultats obtenus sont contradictoires avec ceux fournis par les vraies expériences de laboratoire, c'est-à-dire avec l'ensemble des données expérimentales sur le sujet. Pourtant au lieu d'admettre qu'on a fait fausse route on maintient les résultats analytiques tirés de ces *pseudo-expériences* et on attend que les futures constatations des physiciens viennent à les confirmer.

Les expériences que M. Einstein indique sur les utilisations des différents horloges n'ont, elles aussi, aucune application pratique au point de vue de l'étude des phénomènes physiques. M. Chwolson a, selon moi, bien raison de déclarer dans la conclusion du chapitre qu'il vient d'écrire sur *le principe de relativité :* « Nous sommes, au moins pour le moment, convaincu que l'introduction d'horloges dans l'exposition du principe de relativité ne peut être d'aucune utilité, n'explique rien et ne peut qu'embarrasser l'esprit ou conduire à des méprises », et à propos de la théorie de la relativité, elle-même, de conclure en ces termes : « En toute rigueur, quand on ne renonce pas à l'existence de l'éther, on ne peut rester complètement d'accord avec la théorie de la relativité »[1].

Les mathématiciens de l'école d'Einstein et les physiciens qui semblent suivre leurs idées sur la nécessité d'un espace libre, sans éther, devraient considérer sérieusement, au lieu d'oublier, le fait parfaitement établi de la densité énorme du mécanisme réel de la lumière et de toutes les radiations qui se propagent à travers l'espace immense qui sépare les astres, à travers toute l'étendue de l'univers visible, comme le montre la photographie du ciel. Pour bien comprendre la valeur d'une telle considération il suffit de s'imaginer le fait dans sa nature concrète, tel qu'il nous

[1] O. D. Chwolson, *Traité de Physique*, t. V, 1er fasc., trad. française par E. Davaux. Paris, 1914, p. 262.

est révélé par nos expériences les plus communes de l'optique physique, je ne cite que les réseaux de Rowland et les dispositifs spectroscopiques permettant l'analyse chimique de toutes les sources de lumière, même des astres et des nébuleuses, ainsi que les dispositifs de même nature permettant l'étude du phénomène de Zeemann. Or, si nous prenons les valeurs parfaitement contrôlées qu'on utilise couramment dans l'analyse spectrale, nous savons que s'exécutent en moyenne en chaque millimètre cube d'espace 600 mille milliards de vibrations par seconde produisant dans le trajet d'un millimètre deux millions d'ondes successives, donc le chiffre énorme, qu'on ne peut lire, de deux millions élevé au cube d'éléments vibrants dans le millimètre cube, et exécutant chacun 600 mille milliards de vibrations par seconde et cela d'une manière continue, sans ne s'arrêter jamais. Voilà ce que la physique expérimentale nous donne comme mécanisme actif, en chaque millimètre cube de l'espace, depuis celui dans lequel nous nous déplaçons, apparemment sans éprouver aucune résistance, jusqu'à celui où se déplacent les astres les plus éloignés. Est-il admissible, est-il concevable que l'espace physique possédant une telle densité d'activité mécanique puisse être considéré comme vide, parce qu'il doit l'être d'après la théorie de la relativité de M. Einstein ? Est-il permis en science de ne pas tenir compte des faits acquis parfaitement constatés par la voie expérimentale, dans le but d'établir une théorie hypothétique, même si elle était fortement appuyée sur des expériences ? Certainement pas.

Mais ces considérations n'ont aucune prise sur la mentalité des mathématiciens, leur univers est une pure abstraction, voici comme s'exprimait Minkowski en présentant son important travail sur la théorie de la relativité : « A l'heure actuelle, les notions d'espace et de temps, considérées comme indépendantes et en elles-mêmes, doivent être abandonnées, et seule leur union peut posséder une individualité ». Minkowski appelle ce tout, constitué par la réunion de l'espace et du temps, l'univers, dans lequel le temps joue le rôle de la quatrième dimension, et il imagine un esprit supérieure au notre qui puisse concevoir ainsi le temps. Or, les mathématiciens, au lieu de prétendre créer des êtres extra-humains pour avoir quelqu'un qui soit capable de voir une réalité possible dans leur espace à 4 dimensions, devraient simplement appliquer leur analyse aux données de la physique expérimentale, lesquelles en remplaçant l'espace vide par un champ actif suffisent parfaitement et n'ont point besoin d'un être fantastique pour être comprises.

[1] H. Minkowski, Conférence, 21 sept. 1908. Laue. *Das Relativitätsprinzip,* Brauschweig, 1913.

L'énorme densité mécanique de l'espace physique, d'une évidence si frappante d'après les chiffres que j'ai cités, ainsi que le fait également établi de la multiplicité des types des radiations transmises, à effet visible ou invisible, pénétrantes et ultrapénétrantes, provenant de tous les astres, s'entrecroisant en tous les sens et exerçant la pression Maxwell-Bartoli, devraient convaincre les mathématiciens que l'introduction des méthodes statistiques s'impose. Ma théorie de la gravitation s'y prête à merveille puisqu'elle tient compte de toute cette complexité d'actions simultanées.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 7 janvier 1914.

Arthur Maillefer. L'ascension de la sève. — J. Perriraz. Observations sur la forme des flocons de neige. — M. Mercanton. Crâne de fœtus de Morse. — Id. Nouvel électromètre dit « à spirales » de M. Szilard.

M. Arthur Maillefer expose et discute les théories récentes de *l'ascension de la sève*. Il montre que les théories de Godlewski, Westermaier, Janse et Leclerc du Sablon présentent des points faibles qui empêchent qu'on puisse les adopter. La théorie de Dixon et Joly, que la succion exercée par les feuilles, par suite de la transpiration, est capable, grâce à la cohésion de l'eau, de faire monter la sève dans les plus grands arbres, ne peut se soutenir qu'à la condition qu'on montre que l'énergie mise en liberté par la transpiration est suffisante. Dixon montre que la pression osmotique des cellules pallissadiques peut atteindre 30 atmosphères et croit avoir ainsi prouvé que l'eau peut s'élever à 300 mètres. Si cela suffit pour expliquer qu'une colonne d'eau de 300 mètres puisse être soutenue par les pallissades, cela ne permet pas de conclure que l'eau puisse monter. La fraction utilisable w de l'énergie fournie par l'évaporation d'une solution est donnée par

$$w = \frac{Ta - Tb}{Ta}$$

ou Ta = température absolue d'ébullition de la solution Tb = température absolue d'ébullition de l'eau pure. En admettant une concentration de suc cellulaire de deux molécules-grammes, correspondant à 45 atmosphères de pression osmotiques, soit 1 fois $^1/_2$ la plus haute observée par Dixon, on trouve $w = \frac{1}{374}$ environ ; l'énergie nécessaire pour évaporer 1 kg. d'eau

étant de 536 Calories, on a $w = 1,5$ Cal. $= 637$ kgm, Ewart a montré que pour faire monter dans une tige un courant d'eau avec la même vitesse que la sève pendant les périodes de transpiration, il faut une pression mesurée par une colonne d'eau de 6 à 33 fois plus élevée que la tige. L'énergie utilisable de la transpiration de 1 kg. de sève contenant 2 molécules-grammes pourrait donc faire monter cette même quantité de sève à une hauteur variant entre $637 : 6 = 106$ mètres et $637 : 33 = 19$ mètres. On voit que ces hauteurs sont relativement modestes: mais pour le moment, on n'en peut inférer ni la validité ni la non-validité de la théorie de Dixon, les chiffres ayant servi de base au calcul précédent n'ayant pas été pris sur un ensemble concret. Je me propose de déterminer expérimentalement, sur un certain nombre d'arbres, la vitesse de l'eau, la pression osmotique des palissades aux différentes hauteurs et la résistance à la filtration. Si, dans un seul cas, l'énergie libérée par l'évaporation d'un litre d'eau est insuffisante pour faire monter la même quantité d'eau, la théorie de Dixon a vécu. Dans ce cas, il faudrait faire intervenir les cellules vivantes et je proposerais la théorie suivante: Les rayons médullaires secrètent des substances osmotiques dans les vaisseaux ou trachéides où la pression baisse par suite de la succion due à la transpiration, et absorbent les substances osmotiques des vaisseaux ou trachéides où la pression est la plus forte. Les substances sécrétées dans la trachéide supérieure agissent par osmose à travers la lamelle moyenne des ponctuations et l'eau entre; en temps normal, cette lamelle est maintenue tendue au milieu de la ponctuation par les différences de pression osmotique et de pression hydrostatique qui se contrebalancent. Si la succion devien, plus forte. les tores viennent boucher les ponctuations; il s'établit un vide relatif dans la trachéide et la sécrétion de substance osmotique augmente, ce qui provoque la réouverture des ponctuations. Cette théorie explique: 1° la présence des ponctuations auréolées; 2° les pleurs au printemps, si l'on admet que du sucre est sécrété dans les vaisseaux; 3° l'absence des pleurs en été, car il faut une succion pour provoquer la sécrétion; 4° la circulation éventuelle de la sève en sens inverse (expérience de Strassburger); 5° la circulation des corps dissous; 6° les bulles d'air des vaisseaux fonctionnent comme des régulateurs; quand la transpiration augmentet l'air se dilate et remplace l'eau qui va dans les cellules des feuilles; quand la transpiration diminue, le vide relatif continue à provoquer la sécrétion des substances osmotiques et les bulles se compriment.

M. J. Perriraz. — *Observations sur la forme des flocons de neige*. En général, les flocons sont formés par des cristallisations

à 3 ou 6 branches situées dans un plan. Sur ces axes principaux se greffent des formations secondaires, toutes disposées suivant des angles de 60°. Nous avons pu observer les 30 et 31 décembre et le 1er janvier, à Chaux-de-Fonds ou dans les environs, une variété de flocons rares dans nos régions, cela par —7 à —9°.

La formation cristalline était répartie suivant six axes à 60° dans le même plan : des axes secondaires dans des plans perpendiculaires disposaient ainsi des aiguilles dans six plans qui donnaient au flocon l'aspect d'un hérisson de glace. En général, les cristallisations étaient simples et ne formaient pas les figures compliquées que l'on peut quelquefois observer dans les flocons plans. Leur plus grand nombre s'observait à —7 $^1/_2$° C. ; à une température inférieure, il n'y avait que l'une des faces qui était pourvue de ces figures secondaires, l'autre étant plane, tandis qu'à —10°, ils devenaient très rares et étaient remplacés par des cristallisations de grandes dimensions et massives de 12 mm. quelquefois.

M. Mercanton présente un *crâne de fœtus de morse,* remarquable par la présence de la dentition de lait à côté de dents définitives. Ce crâne a été rapporté de la baie de Disco par le Dr Jost, de l'Expédition suisse transgroënlandaise.

M. Mercanton présente à la Société le *nouvel électromètre dit « à spiral » de M. Szilard*, à Paris. Cet instrument est intéressant en ce qu'il réalise des perfectionnements désirés depuis longtemps par les physiciens et les électriciens. Les recherches d'ionisation des gaz ont remis en honneur les électromètres portatifs de sensibilité moyenne et de faible capacité. On a recouru successivement à l'emploi de feuilles d'aluminium et de fils de quarz métallisés. Mais les appareils dont ils forment l'organe essentiel sont délicats à manœuvrer et fragiles. M. Szilard a eu l'idée de créer une réduction du voltmètre électrostatique de Kelvin pour hautes tensions, en remplaçant le couple antagoniste de pesanteur par un couple d'origine élastique et en montant l'organe mobile sur pivotage à rubis.

Il a obtenu de la sorte, sous volume réduit, un instrument très portatif, très bien isolé, de capacité très faible (quelques centimètres en U E. C G S.) et de sensibilité conforme aux besoins des physiciens (100-350 volts, 3 volts par division, estimation 0,3 v.).

L'appareil comprend un système de secteurs fixes isolés à l'ambre par rapport au reste du dispositif, auquel en revanche l'organe mobile est électriquement relié. Entre ces secteurs se meut la portion de l'organe mobile opposée à l'index. Cette portion a une forme analogue à celle des secteurs qui l'embrassent.

Le couple antagoniste est fourni par un ressort spiral qui s'oppose sans cesse à la pénétration plus avant du secteur mobile entre les secteurs fixes sous l'effet de la charge du système. Les secteurs fixes étant en acier aimanté, les déplacements du secteur mobile, formant circuit fermé, entraînent l'apparition d'un couple d'amortissement qui rend le mouvement de l'équipage apériodique. L'instrument est assez bien équilibré pour pouvoir être employé sans erreur sensible dans toutes les positions.

Il paraît appelé, si son prix n'y fait pas obstacle, à un avenir très grand.

Séance du 21 janvier

L. Horwitz. Sur le lias du massif de Bruns et de ses annexes. (Alpes fribourgeoises).

M. L. Horwitz. — *Sur le lias du massif des Bruns et de ses annexes (Alpes fribourgeoises).* — Dans ce fragment de la partie externe (dite du *Dogger à Zoophycos)* de la nappe des Préalpes médianes, le lias est représenté par trois zones. La première constitue l'élément principal des petits massifs Arsajoux et Thoosrain, qui séparent le massif des Bruns proprement dit de la chaîne de la Berra (nappe des Alpes externes). La deuxième zone (Charmey-Lac Noir) limite le massif des Bruns du côté extérieur, enfin la troisième (Im Fang-Bellegarde-col de Nüschels) ferme le même massif du côté intérieur et le sépare de la partie intérieure de la nappe des Préalpes médianes (dites du *Dogger à Mytilus).*

La stratigraphie du massif d'Arsajoux (celle du massif de Thoosrain en est identique) a été résumée par l'auteur dans un travail récemment paru, où on trouvera aussi la liste des fossiles. L'étude de la troisième zone du lias n'a pas été encore abordée par l'auteur. Quant à la deuxième, l'auteur en donne ici une description sommaire, en la comparant en même temps avec la zone 1.

En général, le lias de la zone 2 présente quelques ressemblances avec celui de la zone 1, mais aussi quelques divergences assez sensibles. — Le *rhétien* est à peu près le même dans les deux zones. — L'*hettangien* semble manquer dans la zone 1 ou en tout cas il n'y est pas reconnaissable; par contre, il est très bien représenté dans la zone 2, où on peut même distinguer plusieurs niveaux de cet étage. — Quant aux *sinémurien* et *lotharingien supérieur,* c'est le calcaire spathique qui les représente uniquement dans la zone 1, tandis que dans la zone 2 ces niveaux se différencient. Ainsi le *sinémurien inférieur* y figure comme une

brèche dolomitique, très fossilifère, l'équivalent du niveau à *Gryphæa arcuata,* inconnu dans les Préalpes médianes. Le *sinémurien supérieur* présente des intercalations du calcaire spathique et des quartzites. Enfin le *lotharingien inférieur* est à peu près identique à celui de la zone 1. — Quant au *lotharingien supérieur* (limite supérieure du lias inférieur, il est représenté dans les deux zones par le même calcaire foncé, quelquefois spathique et glauconitifère, très riche en ammonites et belemnites.

Le *pliensbachien* (partie inférieure du lias moyen) est, lui aussi, identique dans les deux zones. — Par contre le *domérien* et l'*infratoarcien* (partie supérieure du lias moyen), si bien représentés dans la zone 1, manquent ou à peu près dans la zone 2. Quant au lias supérieur, le *toarcien inférieur*, si fossilifère dans la zone 1, manque complètement dans la zone 2. En revanche, le reste du lias supérieur (« calcaire tacheté ») est à peu près identique dans les deux zones.

En résumé, on voit que les niveaux les plus récents sont les mieux représentés dans la zone 1 et les niveaux les plus anciens dans la zone 2.

Séance du 4 février

H. Blanc. Nouveau groupe biologique « Campagne vaudoise ». — W. Morton. La collection générale des lépidoptères du Musée cantonal. — J. Amann. Nouveau microscope binoculaire. — J. Perriraz. Le cancer des plantes.

M. le prof. Blanc, conservateur du Musée zoologique, présente à la Société le *nouveau groupe biologique «Campagne vaudoise»*, installé dans la salle de la faune vaudoise, à côté du groupe alpestre.

M. W. Morton, adjoint à la direction du Musée zoologique, présente *la collection générale de lépidoptères du Musée cantonal* qui vient d'être reconstituée en réunissant l'ancienne collection à celles léguées par MM. Auberjonois et C.-G. Agassiz. Elle est renfermée actuellement dans 218 cadres vitrés.

Les groupes suivants sont particulièrement bien représentés : *Papilionidæ, Pieridæ, Nymphalidæ, Lycænidæ, Arctudæ, Saturnidæ, Noctuidæ* et *Geometridæ.*

M. J. Amann présente le *nouveau microscope binoculaire* de la maison Leitz, à Wetzlar. Il explique le principe sur lequel est

fondée la séparation des rayons provenant de l'objectif unique et donnant les deux images oculaires et fait ressortir les avantages hygiéniques et pratiques qu'offre cette nouvelle construction, qui permet l'emploi de tous les objectifs, même les plus forts, et qui réalise un progrès très notable en microscopie.

M. J. Perriraz. — *Le cancer des plantes* est une maladie qui a été étudiée d'une façon systématique aux Etats-Unis par M. Smith et ses assistants, et qui attaque les plantes les plus diverses; dans nos régions, elle se rencontre fréquemment chez les chrysanthèmes, les choux, les rosiers, les pélargoniums; elle préfère les espèces anémiées par une culture intensive ou par des hybridations, des sélections en vue d'une surproduction. Le cancer des plantes est dû à une bactérie : le *Bacterium tumefaciens*, très difficile à observer, et qui ne se colore bien que dans des cultures d'agar ou de peptone. On ne l'aperçoit que rarement dans les cellules de la tumeur, parce que les moyens de coloration dont on dispose teignent les granulations protoplasmiques desquelles il est difficile de le distinguer.

Une tumeur primaire peut se former sur tous les organes de la plante, mais on observe souvent des tumeurs secondaires à des distances souvent très grandes de la première. Ces tumeurs secondaires montrent au microscope une anatomie semblable à celle de l'organe primitivement attaqué, ce qui permet d'établir une parallèle entre les tumeurs des plantes et celles des animaux. Une autre caractéristique de ces formations est la présence des cellules géantes possédant plusieurs noyaux, comme c'est le cas pour les tumeurs malignes animales. Une seconde série d'expériences tendent à démontrer que les infections des plantes ne peuvent se faire que par des blessures, comme Smith l'a du reste indiqué. En plaçant des lambeaux de tumeurs en contact avec des racines saines, en arrosant abondamment, de manière que les infections puissent se produire, nous n'avons jamais obtenus de résultat.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Silvanus P. Thompson. Radiations visibles et invisibles. Conférences faites à l'Institution royale de Grande-Bretagne, augmentées de conférences nouvelles, traduites et annotées par L. Dunoyer. 1 vol. in-8 de 378 p. avec 196 fig. dans le texte. Librairie scientifique A. Hermann et fils, Paris, 1914.

L'excellente librairie scientifique de MM. A. Hermann et fils présente aujourd'hui en traduction à notre public un livre qui a eu un très grand succès en Angleterre et qui peut s'attendre à un accueil tout aussi favorable en pays de langue française. Comme le dit le traducteur dans sa préface : « La manière d'exposer les questions scientifiques, surtout la physique est très différente d'un côté à l'autre du détroit ». Les méthodes didactiques anglaises, les procédés d'exposition anglais diffèrent essentiellement de ceux qui règnent en maîtres dans nos grands manuels français. Si dans ces derniers l'auteur recherche beaucoup plus à retenir l'attention du lecteur ou de l'auditeur par la belle ordonnance, la suite logique, parfois même un peu sèche des faits et des lois, l'auteur ou le conférencier anglais s'efforce de la tenir constamment en éveil par un exposé beaucoup plus imagé, non dépourvu de trait, d'imprévu et même d'un certain pittoresque. Qu'on se souvienne de l'admirable conférencier qu'était le grand physicien John Tyndall. C'est un peu de ce charme pénétrant qu'on trouvera dans le livre que nous signalons ici à l'attention de nos lecteurs, dans les conférences de M. Silvanus Thompson.

Celles-ci portent sur les sujets suivants : Lumière et ombres. — Le spectre visible et l'œil. — Polarisation de la lumière. — Le spectre invisible ultra-violet.— Le spectre invisible infrarouge. — Rayons de Rœntgen. — Le radium et ses rayons. — L'industrie de la lumière.

CHIMIE

Söderbaum (H. G.). Jac. Berzelius Bref *(Correspondance de Berzelius)*, t. I, fasc. 1, 2 et 3, 23×15, 96, 105 et 170 p., Almqvist et Wiksells, Upsala, 1912-1914.

L'Académie royale des Sciences de Stockolm a chargé le professeur Söderbaum de publier la correspondance scientifique du grand chimiste suédois Berzelius. Le tome I, dont la publication vient de s'achever, contient les lettres échangées avec Berthollet (fasc. 1), Davy (fasc. 2), Marcet (fasc. 3), et présente le plus grand intérêt pour l'histoire de la chimie.

Nous ne pouvons donner ici l'analyse des matières si variées qui font l'objet de cette correspondance ; par contre nous croyons bien faire d'entrer dans quelques détails sur le fascicule 3 où sont réunies les lettres échangées entre l'illustre chimiste suédois et le médecin genevois Alexandre Marcet.

Ce dernier, que les troubles de la révolution avaient obligé à quitter Genève, s'était établi à Londres en 1797, après avoir achevé ses études de médecine à Edimburgh. Il occupait un poste important dans un des grands hôpitaux de la métropole anglaise, appelé encore aujourd'hui « Guy's Hospital », du nom de son fondateur. Marcet était un passionné de chimie, science à laquelle il consacrait tout le temps que n'absorbait pas son activité médicale. Il fut en relations personnelles avec la plupart des grands chimistes de son temps et publia lui-même un assez grand nombre de travaux de chimie dont plusieurs furent remarqués des contemporains.

C'est au cours de son premier voyage à Londres, en 1812, que Berzelius se lia avec Marcet, à la suite de travaux faits en commun, dans le laboratoire de celui-ci, sur la composition du sulfure de carbone, dont la formule exacte fut ainsi fixée pour la première fois ; cette collaboration fut le point de départ de la correspondance entre les deux savants, correspondance qui ne tarda pas à prendre un tour de plus en plus intime et se poursuivit jusqu'à la mort de Marcet, survenue en 1822.

Le fascicule 3 contient 86 lettres, dont 41 de Berzelius et 45 de Marcet ; elles se distinguent de celles précédemment publiées par l'extrême variété des sujets traités, et surtout par un très grand charme d'abandon : on sent que les deux amis n'ont pas écrit pour la galerie ; leurs lettres reflètent bien le fond de leurs pensées. A ce point de vue, elles constituent des documents de tout premier ordre pour l'histoire de la chimie au début du XIXe siècle ; on y trouvera de nombreux aperçus fort intéressants, soit sur l'extraordinaire puissance de travail du grand chimiste suédois, soit sur

plusieurs des découvertes importantes et sur les hommes en vue qui illustrèrent l'âge d'or de la chimie moderne. On ne peut donc féliciter assez sincèrement M. Söderbaum d'avoir mené à bien la publication de ce premier volume de la correspondance de Berzelius ; il l'a d'ailleurs enrichi de nombreuses notes qui donnent beaucoup d'attrait à sa lecture. P. G.

GÉOGRAPHIE

Robert Perret. La géographie de Terre-Neuve, 1 vol. 8° de 370 p. avec 32 pl. hors texte. Librairie orientale et américaine, E. Guilmoto, éd. Paris 1914.

M. Perret veut bien nous adresser, pour le faire connaître aux lecteurs des *Archives,* un exemplaire de l'ouvrage qu'il vient de publier sur la grande île de Terre-Neuve. Nous pensons en effet qu'il suffit de le signaler pour attirer sur lui l'attention des hommes compétents et de tous ceux, en si grand nombre, qui sont friands des recherches géographiques. La lecture en est agrémentée par de très nombreuses illustrations, cartes et vues. Il contient l'histoire de la géographie de Terre-Neuve, le sol, les bancs, le climat, les plantes, la faune maritime et insulaire, l'exploitation superficielle et souterraine du sol, la colonisation, Terre-Neuve et les puissances, plus une liste bibliographique comptant 423 numéros. Chacun le consultera avec fruit.

MESURES DU COURANT ÉLECTRIQUE

PASSANT DE L'ATMOSPHÈRE A LA TERRE

faites à Altdorf et à Fribourg

AVRIL 1914

HEURE	ALTDORF			FRIBOURG			TEMPS
	λ	P. G.	Courant	λ	P. G.	Courant	
10 avril							
6-7 a.	452	71	108	274	79	73	A Altdorf, clair pendant toute la journée. A Fribourg, clair le matin et le soir, nuageux à midi. Pas de vent notable à Altdorf, assez fort à Fribourg vers midi.
7-8	224	109	81	88	38	112	
8-9	303	110	111	104	24	84	
9-10	273	136	124	—	—	—	
10-11	287	104	99	228	110	83	
11-12	209	116	80	282	109	102	
1-2 p.	341	95	112	192	124	79	
2-3	311	94	96	227	148	112	
3-4	327	83	91	203	118-152	90	
4-5	312	116	120	213	104	74	
5-6	195	109	71	206	111	76	
6-7	308	102	105	263	112	97	
7-8	452	68	105	63	311	65	
8-9	545	53	96	176	116	68	
9-10 p.	633	88	186	215	97	70	
24 avril							
6-7 a.	308	48	49	265	48	43	A l'une et l'autre station couvert, pluie faible à Altdorf entre 6 et 8 heures du soir.
7-8	291	76	74	221	67	50	
8-9	229	119	91	210	87	61	
9-10	322	105	113	302	102	103	
10-11	302	78	78	323	95	103	
11-12	294	90	82	309	84	87	
1-2 p.	421	59	83	330	70	76	
2-3	405	68	91	257	75	64	
3-4	506	34	57	270	84	76	
4-5	398	47	62	295	83	81	
5-6	400	47	63	275	90	82	
6-7	200	44	35	319	81	86	
7-8	353	27	32	330	78	85	
8-9	383	32	41	353	79	93	
9-10	412	32	44	263	68	60	

Abréviations

λ = conductibilité par ions négatifs et positifs en unités électrostatiques $\times 10^6$

P. G. = gradient du potentiel en volts par mètre, réduit sur terrain plat

Courant vertical, en unités électrostatiques $\times 10^8$

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

D'AVRIL 1914

Le 1, rosée le matin.
2, rosée le matin : pluie dans la nuit.
3, pluie de 7 h. du matin à 10 h. du soir, et dans la nuit.
4, pluie à 7 h. du matin, à 7 h. 15 m. du soir et dans la nuit.
5, pluie de 1 h. 10 m. à 4 h. et à 10 h. du soir.
6, pluie à 10 h. du matin et à 7 h. du soir.
7, pluie de 7 h. du matin à 5 h. du soir, à 8 h. et à 10 h. du soir ; orage à 3 h. 23 m. du soir.
8, pluie de 3 h. 45 m. à 5 h. 50 m. du soir.
10, gelée blanche le matin.
les 11 et 12, rosée le matin.
15 et 16, violente bise toute la journée.
19, 20, 21 et 22, rosée le matin.
le 25, pluie de 9 h. à 11 h. du matin, forte bise le soir.
26, forte bise le matin.
28, orage à 9 h. 50 du soir.
29, petite pluie dans la soirée.
30, pluie de 7 h. 10 m. à 10 h. du matin et de 6 h. à 10 h. du soir ; orage à 5 h. 40 m. du soir ; orage et pluie dans la nuit

GENÈVE — AVRIL 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	34.6	32 2	30.5	32.88	+ 8 35	30.0	**35.9**	W. 1	W. 1	W. 1	W. 1	6.1	0	2	0	2	9.8	....	....
2	29 0	26.5	24.1	26.93	+ 2.41	23.5	30.0	SE. 0	NW. 1	ESE. 0	var.	2.1	5	6	10	6	9.6	2.2	2
3	23.5	24.0	25.8	24.24	- 0.27	22.9	27.0	NNW. 0	NE. 1	SE. 0	var.	2.3	10	10	10	10	0.0	**27.8**	**18**
4	28.1	27.5	30.2	28.32	+ 3.82	27.0	30.7	SSW. 0	SSW. 2	S. 1	var.	5.0	10	7	8	8	1.4	7.8	4
5	30.8	28.5	28.7	29.56	+ 5.07	27.2	30.9	SE. 0	SSW. 1	NNW. 1	SSW 1	5.0	4	10	10	8	3 0	2.2	3
6	24.4	24.9	25.8	25.33	+ 0.84	24.3	27.2	SSW. 2	SSW. 1	S. 1	SSW. 2	14.8	10	10	8	10	0.0	1.9	2
7	21 4	20.3	17.4	20.46	- 4.02	15.4	25.7	W. 1	SSW. 3	SSW. 1	SSW. 1	12.8	10	9	10	10	3.1	15.1	13
8	20.3	20.9	23.3	**20.27**	**- 4.21**	**15.2**	24.6	SSW. 1	WNW. 1	SSW. 1	SSW. 1	13.0	3	3	10	6	7.0	3.3	2
9	27.0	27 2	28.1	26.84	+ 2 36	24.6	28.5	SSW. 0	NNW 1	NNE. 0	var.	3.8	8	5	0	4	7.2	....	...
10	29 2	28.3	27.7	28.28	+ 3.79	27.2	29.4	SSW. 0	NNE. 1	SSW. 1	calme	0.9	1	0	2	1	9.6	....	....
11	29.1	28.0	29.5	28.51	+ 4.02	27.4	30.3	ESE. 0	W. 1	S. 1	var.	2.5	2	6	3	4	9.0	.. .	....
12	31.9	31.7	30.9	31.24	+ 6.74	30.3	32.3	S. 1	NNE. 1	NNE. 0	NNE. 1	2 1	8	6	0	6	4.0	....	....
13	31.2	30.2	29.3	30.25	+ 5.74	29.0	31.3	SSW. 0	NNE. 0	NNE. 1	NNE. 1	2.5	9	9	3	8	1.6	....	....
14	28.9	28.2	28.1	28.39	+ 3.87	27.2	29.4	SSW. 0	N. 0	NNE. 0	var.	2.7	9	9	0	7	0.0	....	....
15	30.6	30.4	29.5	29.86	+ 5.33	28.7	31.0	NNE. 4	NNE. 2	NNE. 4	NNE. 3	**34.0**	10	4	0	4	4.4	....	....
16	28.6	27.5	28.7	28.21	+ 3.66	26.7	29.2	NNE. 3	NNE. 3	NNE 2	NNE. 3	32.1	1	0	0	0	11.4	....	...
17	29.4	27 6	27.0	28.01	+ 3.45	26.4	29.5	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	11.1	0	0	0	0	12.1	...	....
18	29.2	27.8	27.1	27.86	+ 3.28	26.5	29.3	NNE 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	9.3	8	0	0	3	7.5	....	....
19	29.4	28.0	28.6	28.24	+ 3.64	26.6	29.5	NNE 1	NNE. 1	NE. 1	NNW. 1	4.4	2	1	2	4	11.2	....	....
20	31.9	31.8	34.3	31.77	+ 7.15	29.0	35.0	SW. 0	NE. 1	SSW. 2	var.	6.3	0	2	0	1	10.8	....	....
21	35.7	34.4	34.1	**34.67**	**+10.03**	33.7	35.8	SW. 1	NNE. 1	NW. 0	var.	2.9	0	9	0	3	8.7	....	....
22	34.5	33.7	33.6	33.83	+ 9.16	32.9	34.7	SSW. 0	NNE. 1	SSW. 0	NNE. 1	2.1	4	4	0	3	10.9	.. .	....
23	34.6	33.4	33.7	33.66	+ 8.97	32.5	34.7	SSW. 0	NNE. 1	SE. 1	NNE. 1	3.4	4	2	0	1	12.0	.. .	....
24	33.4	32.5	32.5	32.77	+ 8.05	31 7	33.8	SSW. 0	NNE 1	NNW. 1	NNE. 1	6.0	9	9	0	4	9.8	....	....
25	31.3	30.4	29.6	30.59	+ 5.84	29.2	32.3	SSW. 1	NNE. 1	NNE. 3	NNE. 1	8.4	10	9	10	10	0.0	1.6	2
26	30.2	31.7	31 7	30.86	+ 6.08	29.1	33.3	NNE. 3	NNE. 1	NW. 1	NNE. 2	21.0	8	1	0	3	8.3	....	....
27	34.6	33.7	32.5	33.41	+ 8.60	32.0	34.8	SSW. 0	NNE. 1	NE. 0	NNE. 1	4.6	0	0	0	0	**13.4**	....	....
28	32.6	30.9	30 0	31.05	+ 6.21	29.0	32.7	SE. 0	NNE. 1	S. 1	var.	4.4	0	0	3	1	12.5	....	....
29	30.0	28.1	27.6	28.65	+ 3.77	26.7	30 1	S 0	SSW. 1	SSW. 0	SSW. 1	4.2	0	3	9	5	8.0	0.7	1
30	26.1	25.9	24 4	25.74	+ 0.83	24.2	27.5	SSW. 0	SSW. 0	NE. 0	var.	4.0	6	9	10	9	2.2	24.8	14
Mois	29.71	28.87	28.81	29.02	+ 4.25							7.79	5.0	4 8	3.6	4.7	208 5	87.4	61

GENÈVE — AVRIL 1914

Jour du mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 4.9	+18.6	+12.5	+11.49	+ 4.66	+ 3.0	+21.2	88	38	58	62	-10	30	88	7.8	+ 0.5	1275
2	7.4	16.4	13.8	12.65	+ **5.68**	5.5	20.8	80	46	56	58	-14	29	82	7.9	+ 0.6	1295
3	9.2	9.4	9.8	9.93	+ 2.83	8.2	10.4	90	100	96	**92**	**+21**	71	100	7.2	- 0.2	1255
4	8.9	12.2	5.8	8.96	+ 1.72	4.8	12.8	92	54	82	78	+ 7	50	96	8.2	+ 0.7	1270
5	4.9	10.5	7.7	**7.32**	- 0.06	3.8	10.9	87	50	77	73	+ 2	48	88	—	—	1275
6	11.2	12.4	10.8	10.63	+ 3.12	7.2	13.3	71	75	58	71	0	53	85	7.2	- 0.5	1290
7	9.3	14.2	11.4	10.96	+ 3.31	7.2	15.6	78	60	70	73	+ 2	57	85	7.2	- 0.5	1305
8	5.6	10.2	7.0	7.47	- 0.32	4.5	12.1	78	38	74	63	- 8	36	89	7.2	- 0.6	1340
9	4.9	10.3	6.9	7.75	- 0.18	3.9	13.2	91	57	81	73	+ 2	43	92	7.3	- 0.6	1390
10	3.8	13.5	12.8	8.96	+ 0.89	**1.5**	16.6	87	52	66	69	- 1	50	90	7.5	- 0.5	1370
11	7.7	18.4	13.0	12.47	+ 4.26	6.0	19.7	80	43	63	62	- 8	40	88	7.7	- 0.4	1340
12	8.1	14.0	10.5	10.80	+ 2.45	6.0	16.6	83	53	70	71	+ 1	48	87	—	—	1315
13	8.6	13.0	12.5	11.78	+ 3.29	6.6	17.7	86	71	69	72	+ 2	46	90	—	—	1285
14	10.1	16.9	13.1	12.73	+ 4.10	7.7	18.2	84	53	77	73	+ 3	51	87	7.8	- 0.6	1305
15	8.2	10.4	8.0	9.56	+ 0.79	6.2	13.3	71	61	53	63	- 7	50	75	8.6	+ 0.1	1320
16	5.4	10.6	8.7	8.01	- 0.90	4.0	12.2	63	52	56	57	-13	48	68	8.5	- 0.1	1365
17	4.7	10.8	9.0	8.08	- 0.97	3.0	13.4	67	51	50	57	-13	42	73	8.5	- 0.2	1335
18	5.4	10.2	10.0	8.21	- **0.98**	3.8	13.2	60	49	51	**55**	**-15**	40	66	8.5	- 0.3	1345
19	7.1	12.9	12.2	10.10	+ 0.76	3.8	16.3	61	47	60	56	-14	40	72	—	—	1295
20	8.0	16.0	11.6	11.50	+ 2.02	4.5	17.8	76	31	57	57	-13	29	86	8.8	- 0.1	1275
21	6.6	14.8	10.0	10.66	+ 1.04	3.5	17.8	76	42	67	57	-13	**24**	83	8.8	- 0.2	1285
22	7.8	17.9	14.0	12.41	+ 2.65	4.2	20.0	75	38	61	58	-12	28	85	8.7	- 0.5	1255
23	10.5	19.1	15.0	14.54	+ 4.63	7.8	20.8	76	38	55	57	-13	36	82	9.5	+ 0.2	1275
24	10.1	17.2	12.0	13.34	+ 3.29	7.0	19.0	73	50	65	62	- 7	40	80	9.0	- 0.4	1250
25	8.1	11.8	10.1	9.50	- 0.70	5.3	12.4	75	53	73	72	+ 3	51	83	10.5	+ 1.0	1255
26	7.7	12.2	10.8	10.06	- 0.28	7.0	14.4	68	58	65	65	- 4	50	75	—	—	1285
27	7.5	14.1	12.2	10.70	+ 0.22	3.8	16.8	69	47	70	63	- 6	45	83	10.0	+ 0.3	1275
28	9.3	17.2	15.0	13.27	+ 2.64	5.5	19.6	80	44	66	60	- 9	36	85	10.0	+ 0.3	1265
29	12.0	22.8	16.4	**16.09**	+ 5.32	8.8	**23.4**	77	32	55	59	-10	31	84	10.5	+ 0.6	1285
30	+13.1	+16.4	+11.2	+12.83	+ 1.91	+10.0	+16.8	85	67	100	87	+18	65	100	10.0	0.0	1270
Mois	+ 7.87	+14.15	+11.13	+10.76	+ 1.79	+ 5.47	+16.21	78	51	67	66	- 4			8.52	- 0.26	1299

MOYENNES DE GENÈVE. — AVRIL 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc	26.74	26.52	26.83	26.79	26 03	25 57	25.91	26.10	26.31
2e »	29.11	29.25	30.02	29.92	29 12	28.30	28.73	29.48	29.24
3e »	32.17	31.90	32.29	32.27	31.47	30.50	30.51	31.07	31.52
Mois	29.34	29.22	29 71	29.66	28 87	28.12	28.38	28.88	29 02

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 7.08	+ 6 41	+ 7.01	+10 90	+12.77	+12.70	+10.64	+ 9.39	+ 9.61
2e »	7.77	6.27	7.33	10.68	13.32	14.72	12.41	10.09	10.32
3e »	8 86	7.21	9.27	13.63	16 35	16.66	14.60	12.14	12.34
Mois	+ 7.90	+ 6.63	+ 7.87	+11 74	+14.15	+14 69	+12 55	+10 54	+10.76

Fraction de saturation en %.

1re décade	80	83	84	66	57	56	71	72	71
2e »	73	76	73	60	50	48	55	63	62
3e »	76	80	75	58	47	48	60	68	64
Mois	76	80	78	61	51	51	62	68	66

Dans ce mois l'air a été calme 250 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{104}{43} = 2.42$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique.....		29.13
Nébulosité		4.5
Température	$\frac{7+1+9}{3}$..	+11°.05
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$..	+11°.07
Fraction de saturation.....		65 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875)	724.77
Nébulosité..	(1847-1875).	5.8
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	56mm.8
Nombre de jours de pluie.	(id.).	11
Température moyenne ...	(id.).	+ 8°.97
Fraction de saturat.	(1849-1875).	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBESY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	94.3	81.3	85.7	78.1	93.8	97.3	79.2

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	91.1	87.4	80.9	81.3	90.6	93.6

Insolation à Jussy : 150.4 h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

D'AVRIL 1914

Le 1, neige le matin et le soir.
4, brouillard toute la journée.
5, brouillard le matin et forte bise ; neige dans la nuit.
6, neige matin et soir.
7, neige et forte bise le soir.
8, brouillard le soir.
les 11 et 15, brouillard le matin.
19 et 20, neige le soir et fort vent.
24 et 25, brouillard le soir.
le 26, brouillard le matin, neige le soir.
29, brouillard le matin.
30, brouillard toute la journée.
les 26, 29 et 30 très fort vent.

GRAND SAINT-BERNARD — AVRIL 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	72.3	71.6	70 0	71.3	+ **11.0**	69.2	**72.5**	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	1	3	2	2	....	....
2	67.7	67.0	65.8	66.8	+ 6.4	64.7	69.2	SW. 1	SW. 1	SW. 0	SW. 1	1	2	10	4	....	....
3	63.0	62.5	63 2	62.9	+ 2 4	62.5	64.7	SW. 1	SW. 0	NE. 1	var.	10	8	10	9	20.0	20
4	64.0	63.1	62.4	63.2	+ 2.7	62.2	64.1	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	10	10	10	10	20.0	20
5	63.3	63.8	64.8	64.0	+ 3.4	63.2	65.0	NE. 3	NE. 1	NE. 1	NE. 2	10	4	10	8	12.6	9
6	62.6	61.6	62.3	62.2	+ 1.6	61.4	64 8	NE. 1	SW. 2	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	**25.0**	**25**
7	60.5	59.8	57.5	59.3	- 1.4	56.8	61.8	NE. 1	NE. 1	NE. 3	NE. 2	10	9	10	10	8.8	8
8	55.0	56.3	58.3	**56.5**	- **4.3**	**55.0**	60.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	3.0	3
9	60 6	62.4	64.6	62.5	+ 1.7	60.0	65.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	9	0	1	3	....	....
10	66.5	66.4	68.0	67.0	+ 6.1	65.2	68.3	SW. 0	SW. 1	SW. 1	SW 1	0	0	3	1	....	....
11	67.8	68.3	69.1	68.4	+ 7.4	67.6	69.4	SW. 1	SW. 2	SW. 3	SW. 2	10	10	4	8	....	....
12	70.2	70.0	71.0	70.4	+ 9.3	69.4	71.2	SW. 1	SW. 1	SW. 0	SW. 1	9	7	0	5	....	....
13	71.1	71.3	71 2	71.2	+ 10.1	71.1	71 4	SW. 0	SW. 0	SW. 0	calme	8	9	0	6	....	....
14	70.0	69.7	68.6	69.4	+ 8.2	67 8	71.0	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	6	8	0	5	....	....
15	66.1	66.0	64.7	65.6	+ 4.3	64.4	67.8	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	0	7	....	....
16	64.0	65.2	66.2	65.1	+ 3.7	64.0	66.3	NE. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	0	6	0	2	....	....
17	64.8	64.5	64.9	64.7	+ 3.2	64.4	65.8	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	10	3	....	....
18	63.8	63.8	64.3	64.0	+ 2.5	63.8	64.7	NE. 1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	9	9	0	6	....	....
19	64.5	65.5	66.6	65.5	+ 3.9	64.4	67.2	NE 2	SW. 3	NE. 3	NE. 2	3	10	10	8	3.0	1
20	68.0	69.4	70 8	69.4	+ 7.7	67.2	71.0	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	1	10	10	7	9 8	7
21	71.0	71.5	72.0	71.5	+ 9.7	71.0	72.1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	4	5	0	3	1.4	....
22	71.4	72.0	72.2	**71.9**	+ 10.0	71.3	72.2	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	1	1	0	1	....	....
23	71.4	71.6	71.5	71.5	+ 9.5	71.2	71.7	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	8	2	0	3	....	....
24	70.3	70.0	69.3	69.9	+ 7.8	69.0	71.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	7	3	10	7	....	....
25	67.0	66.2	65 0	66.1	+ 3.9	64.7	69 0	NE 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	....	....
26	66.7	67 5	70.1	68.1	+ 5.9	65.8	70.4	SW. 3	SW. 1	NE. 1	SW. 2	10	10	4	8	2.5	2
27	70.8	71.4	71.0	71.1	+ 8.8	70.4	71.5	SW. 1	SW. 1	SW. 0	SW. 1	9	2	0	4	....	....
28	70.1	70.3	70.0	70.1	+ 7.7	69.6	70 7	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	2	2	1	....	....
29	69.1	68.7	67.7	68.5	+ 6.0	67.2	69.6	SW. 1	SW. 3	SW. 3	SW. 2	10	8	10	9	....	....
30	66.4	65.8	64.5	65.6	+ 3.0	63.8	67.2	SW. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	....	....
Mois	66.77	66.67	66.92	66.79	+ 5.16							6.5	6.3	5.2	6.0	106.1	95

GRAND SAINT-BERNARD — AVRIL 1914

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	- 1.4	+ 1.5	- 0.7	- 0.2	+ 5.3	- 2.2	+ 2.8	55	59	75	63	54	78
2	+ 0.4	3.6	+ 1.2	+ 1.7	+ 7.1	+ 0 2	6.2	40	52	46	46	36	66
3	- 0.8	+ 1 1	- 2.3	- 0.7	+ 4.5	- 2.5	3.6	96	83	90	90	64	98
4	- 2.7	- 0.2	- 6 4	- 3.1	+ 2.0	- 6.8	+ 1.2	94	73	90	86	61	96
5	- 7.9	- 1.8	- 4.4	- 4.7	+ 0.3	- **8.0**	- 1.0	90	72	87	83	66	92
6	- 0.7	- 1.0	- 4.8	- 2.2	+ 2.7	- 5.0	0.0	86	86	92	88	80	95
7	- 0.2	+ 2.8	- 2 7	0.0	+ 4.7	- 5.4	+ 3.2	78	61	90	76	47	92
8	- 5.7	- 3.8	- 7.4	- **5.6**	- 1.0	- 7.4	- 3.4	91	76	96	88	57	98
9	- 7.0	- 0.3	- 4.1	- 3.8	+ 0.7	- 7.2	+ 1.8	95	56	26	59	**23**	97
10	- 5.5	- 0.9	- 2.2	- 2.9	+ 1.4	- 5.6	2.4	46	63	90	66	28	92
11	- 2.9	+ 1.4	- 3.0	- 1.5	+ 2.7	- 3.0	1.6	98	76	91	88	72	98
12	+ 1.4	9.0	+ 3.6	+ 4.7	+ 8 8	- 2 2	**10.2**	37	29	66	**44**	28	90
13	4.4	8.7	5.8	**6.3**	+ **10.3**	+ 4.2	9.6	55	40	48	48	36	60
14	4.8	8.6	+ 4.4	+ 5.9	+ 9.7	+ 3.1	9.1	52	45	67	55	43	72
15	+ 0.4	+ 1.8	- 4 9	- 0.9	+ 2.8	- 5.3	+ 3.2	90	70	66	75	27	90
16	- 5.3	- 3.5	- 1.2	- 3.3	+ 0.2	- 5.7	0.0	54	83	44	60	33	85
17	- 3.6	+ 2.1	- 3.7	- 1.7	+ 1.7	- 4.2	3.6	65	61	90	72	25	91
18	- 4.2	+ 1.4	- 4.6	- 2.5	+ 0.8	- 5.7	+ 2.6	80	60	80	73	57	83
19	- 6.2	- 4 6	- 5.8	- 5.5	- **2.4**	- 6.4	- 4.0	67	90	90	82	65	93
20	- 5.2	- 1.4	- 5.0	- 3.9	- 0.9	- 5.8	- 1.0	70	75	85	77	63	93
21	- 4.4	+ 1.0	- 0 8	- 1.4	+ 1.4	- 4.7	+ 3 6	58	48	58	55	44	78
22	- 0.2	3.9	+ 0.5	+ 1.4	+ 4.1	- 1.4	9.0	56	44	80	60	30	86
23	- 0.8	4.4	- 0.4	1.0	+ 3.6	- 1.0	4.8	90	56	84	77	41	92
24	- 1.5	3.3	- 1.0	+ 0.3	+ 2.7	- 1.6	3.7	94	53	95	80	46	97
25	- 1.0	+ 1.9	- 2.4	- 0.5	+ 1.8	- 2.5	2.8	94	66	95	85	53	96
26	- 1.8	- 1.0	- 1.0	- 1.3	+ 0.8	- 2.0	1.4	92	79	82	84	71	94
27	- 2.6	+ 2.1	- 0.1	- 0.2	+ 1.8	- 2.8	4.3	95	59	76	77	52	96
28	+ 0.7	3.0	+ 0.7	+ 1.5	+ 3.3	- 0.1	5.7	38	50	70	53	37	80
29	- 1.8	1.9	- 0.4	- 0 1	+ 1.6	- 2.1	3.2	95	70	94	86	65	97
30	- 0.9	0 0	- 1.2	- 0.7	+ 0.9	- 1.2	+ 0.6	94	98	98	**97**	91	**99**
Mois	- 2.07	+ 1.50	- 1.81	- 0.79	+ 2.48	- 3.28	+ 3 03	75	64	78	72		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — AVRIL 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500mm				**Fraction de saturation en %**			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	63.55	63.45	63.69	63.56	77	68	78	74
2e »	67.03	67.37	67 74	67.38	67	63	73	67
3e »	69.42	69.50	69.33	69 42	81	62	83	75
Mois	66 67	66.77	66.92	66.79	75	64	78	72

Température.

	7 h. m	1 h. s.	9 h. s	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\ 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 3.15	+ 0.10	— 3.38	— 2.14	— 2.45
2e »	— 1.64	2.35	— 1.44	— 0.24	— 0.54
3e »	— 1 43	2.05	— 0.61	0.00	— 0.15
Mois	— 2.07	+ 1.50	— 1.81	— 0.79	— 1.05

Dans ce mois l'air a été calme 122 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{48}{60} = 0.80$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	53.4	43.1	54.1	106.1
Neige en centimètres....	—	—	7	95

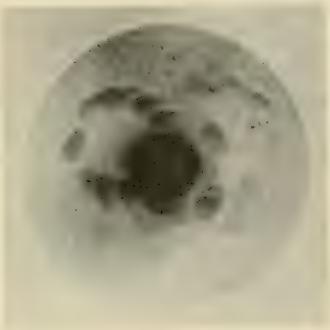


Fig. 2

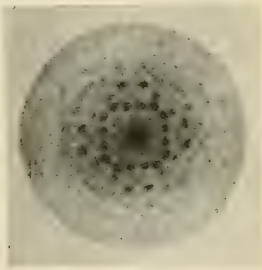


Fig. 3

Fig. 7

CONSIDÉRATIONS THERMODYNAMIQUES

SUR LES

ÉQUILIBRES PHOTOCHIMIQUES

PAR

A. SCHIDLOF

Les premières études sur l'action chimique de la lumière sont déjà anciennes ; tout le monde sait que les chimistes de la première moitié du XIXe siècle se sont occupés avec succès de cette question. Nous ne manquions donc pas de données expérimentales sur ce sujet ; mais si ces données se sont montrées suffisantes pour les applications à la technique qu'on en a faites, il n'en est pas moins vrai que les lois connues concernant ces phénomènes étaient peu nombreuses et d'une généralité très relative. Il en fut à peu près ainsi jusqu'au jour où, avec la lampe à mercure en quartz, que les derniers perfectionnements de la technique moderne venaient de rendre presque parfaite, les chercheurs ont eu d'emblée à leur disposition un outil puissant qui a permis l'étude quantitative des phénomènes photochimiques. Signalons tout de suite les remarquables contributions expérimentales apportées par MM. Berthelot et Gaudechon ainsi que par M. V. Henri et ses collaborateurs. Ces recherches, ne l'oublions pas, ont jeté pour la première fois une vive lumière sur des questions qui n'avaient jamais été examinées auparavant. D'autre part l'intérêt de ces questions a singulièrement augmenté depuis quelques années. En quittant les laboratoires des recherches la lumière ultra-violette a fait, comme le dit si

justement M. D. Berthelot, « une entrée sensationnelle dans la pratique industrielle[1] ».

Cependant, malgré tous ces succès, l'étude théorique des actions photochimiques semble peu avancée. On ne sait que peu de chose sur leur statique, sur leur dynamique. Un grand mystère plane encore sur la chimie des êtres vivants. « Sur ce point, mais sur ce point seulement — dit encore M. Berthelot[2] — la thermodynamique est prise en flagrant délit, non pas d'erreur, mais d'insuffisance, et ne fournit plus aucune lumière à la chimie ».

En ce qui concerne la théorie photochimique, on doit à M. Einstein[3] un certain nombre d'indications parmi lesquelles la plus importante est la loi de l'équivalence photochimique que les expériences de M. Warburg[4] ont confirmée récemment encore. L'avenir apportera sans doute une synthèse théorique complète, et cette synthèse rattachera nécessairement, semble-t-il, les phénomènes photochimiques à la théorie thermodynamique du rayonnement, comme M. Einstein l'a tenté de faire le premier. En le suivant dans cette voie, nous avons essayé de tenir compte d'autre part des vues de M. Berthelot.

L'ébauche théorique qui va suivre est sans doute incomplète à certains égards. Cela tient à l'incertitude qui règne sur le nombre des résonnateurs de Planck existant dans le système chimique envisagé. En l'absence de toute indication à ce sujet, nous avons admis que le nombre de ces résonnateurs est dans un rapport simple avec le nombre des molécules ; cette hypothèse laisse subsister l'indétermination sur une question importante, mais on ne doit considérer notre théorie que comme un premier pas tenté dans cette direction. Malgré cette lacune, nous avons décidé de publier ces considérations théoriques, car nous pensons — et l'histoire des sciences est là pour le prouver — qu'une théorie, même très imparfaite, a souvent

[1] D. Berthelot, Les rayons ultra-violets et leurs applications pratiques. *Bull. de la Soc. des Ingén. civ. de France.* Déc. 1911, p. 859.

[2] D. Berthelot, *loc. cit.*, p. 933.

[3] *Journ. de Phys.* (5) 1913, t. 3, p. 277.

[4] *Ber. Berliner Akad.*, 1912, p. 216.

suffi pour stimuler et pour guider les recherches expérimentales ; si nos considérations théoriques pouvaient éclairer tant soit peu la question, certainement très complexe, des équilibres photochimiques, leur publication nous paraîtrait justifiée.

1. *Entropie d'un rayonnement noir*

On définit, comme on sait, la température d'un rayonnement noir par la température absolue T du *corps noir* qui est en équilibre thermodynamique (émission et absorption) avec ce rayonnement. En vertu de cette définition les relations thermodynamiques générales s'appliquent à la température ainsi définie. Si l'on choisit alors comme variables indépendantes, pour caractériser l'état du rayonnement, son énergie U et son volume V ; une fonction S, qui n'est autre que l'entropie du rayonnement, est définie par les équations aux dérivées partielles [1] :

$$\left(\frac{\partial S}{\partial U}\right)_V = \frac{1}{T} \quad ; \quad \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_U = \frac{p}{T} \tag{1}$$

La fonction S est connue à une constante additive près, lorsqu'on connaît l'équation qui relie U, V et la pression p du rayonnement. On peut intégrer par parties la première des deux équations (1) et en tirer une expression simple pour l'entropie S d'un rayonnement noir, grâce aux deux prémisses suivantes :

1) que le rapport $\frac{U}{T}$ tend vers zéro à la limite $T = 0$ (zéro absolu) ;

2) que la densité cubique du rayonnement noir ρ est une quantité qui n'est fonction que de T (c'est-à-dire indépendante de V) de telle sorte que l'on a :

$$U = V\rho$$

En admettant cela, on aura :

$$S = \int_0^T \frac{dU}{T} = \frac{U}{T} + \int_0^T \frac{U dT}{T^2} = \frac{U}{T} + V \int_0^T \frac{\rho dT}{T^2} \tag{2}$$

[1] Planck, Vorles. über Thermodynamik (3e édit. allem.), 1911, p. 120.

L'énergie libre du rayonnement noir est alors comme on sait [1] :

$$F = U - TS = - TV \int_0^T \frac{\varrho dT}{T^2} \tag{3}$$

Une relation générale qui découle du second principe de la thermodynamique nous donne de plus [2]

$$\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = - p$$

qui dans le cas envisagé devient

$$p = T \int_0^T \frac{\varrho dT}{T^2}$$

Or la valeur de la pression du rayonnement noir se déduit de la théorie électromagnétique de la lumière. Elle est représentée par la formule suivante, due à Maxwell :

$$p = \frac{\varrho}{3}$$

on a donc :

$$\frac{\varrho}{3} = T \int_0^T \frac{\varrho dT}{T^2}$$

Cette dernière formule qui établit une relation entre ρ et T n'est autre chose que la loi bien connue de Stefan et Boltzmann

$$\varrho = aT^4$$

renfermant la constante d'intégration a qui est une constante universelle (loi de Kirchoff).

2. *Entropie et énergie libre d'un rayonnement monochromatique*

Les raisonnements précédents ne sauraient être appliqués sans modification à un rayonnement monochromatique de fré-

[1] Planck, *loc. cit.*, p. 111 (équ. 71).
[2] Planck, *loc. cit.*, p. 121.

quence ν (ou plus exactement à un rayonnement dont la fréquence est comprise entre les limites ν et $\nu + d\nu$). On constate en effet que la première prémisse subsiste ; en d'autres termes le rapport $\frac{U_\nu}{T}$ (U_ν = énergie de rayonnement monochromatique appartenant à l'intervalle $d\nu = 1$) tend bien vers zéro à la limite $T = 0$, mais la seconde prémisse n'est plus vraie.

Dans la formule :

$$U_\nu = V\varrho_\nu$$

la densité cubique ρ_ν du rayonnement monochromatique n'est plus une fonction de T seul, mais de T et de ν à la fois. Or il résulte de la loi du déplacement de Wien [1] que la fréquence ν est une fonction de T et de V. Dans ces conditions la décomposition de U_ν en deux facteurs V et ρ_ν perdrait son utilité pour nous. Néanmoins on peut établir des formules analogues à (2) et à (3) pour le cas d'un rayonnement monochromatique, en utilisant la « décomposition spectrale du rayonnement noir ».

On a en vertu du théorème d'addition de l'entropie

$$S = \int_0^T S_\nu d\nu$$

S_ν étant l'entropie du rayonnement monochromatique appartenant à l'intervalle $d\nu = 1$. On a d'autre part par la décomposition spectrale (en série de Fourier)

$$U = \int_0^\infty U_\nu d\nu = V \int_0^\infty \varrho_\nu d\nu$$

Donc au moyen de l'équation (2)

$$\int_0^\infty S_\nu d\nu = \frac{1}{T}\int_0^\infty U_\nu d\nu + V\int_0^T \frac{dT}{T^2}\int_0^\infty \varrho_\nu d\nu$$

ou bien :

$$\int_0^\infty \left[S_\nu d\nu - \frac{U_\nu}{T}\, d\nu - V d\nu \int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2}\right] = 0$$

[1] *Ber. Berliner Akad.*, 1893, 9, 2, p. 55. — *Wied. Ann.*, 1894, 52, p. 132.

La dernière égalité conduit, en raison de l'indépendance complète des divers rayonnements monochromatiques qui composent le rayonnement noir, à

$$S_\nu = \frac{U_\nu}{T} + V \int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2} \tag{4}$$

Il est toutefois à observer que dans ces transformations nous avons envisagé comme variables indépendantes ν et T (à la place de V et T); par conséquent l'intégration indiquée par

$$\int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2}$$

doit être effectuée en maintenant constante la variable indépendante ν (et non plus V).

Les diverses lois du rayonnement proposées (approximatives ou exactes) doivent toutes satisfaire à l'équation (4) parce qu'elle résulte de relations thermodynamiques générales. On vérifiera facilement par exemple que l'expression particulière de l'entropie qui conduit à la loi de Planck satisfait à l'équation (4) [1].

[1] Planck donne :

$$S_\nu = \frac{8\pi k\nu^2}{c^3} V \left\{ \left(1 + \frac{c^3\varrho_\nu}{8\pi h\nu^3}\right) \log \left(1 + \frac{c^3\varrho_\nu}{8\pi h\nu^3}\right) - \frac{c^3\varrho_\nu}{8\pi h\nu^3} \log \frac{c^3\varrho_\nu}{8\pi h\nu^3} \right\}$$

k et h sont des constantes universelles et c est la vitesse de la lumière dans le vide. On obtient d'autre part, en partant de la loi bien connue du rayonnement de Planck

$$\varrho_\nu = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

$$\int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2} = -\frac{8\pi k\nu^2}{c^3} \log \left(1 - e^{-\frac{h\nu}{kT}}\right)$$

En combinant ces formules, on trouve :

$$\frac{S_\nu}{V} = \frac{S_\nu}{T} - \frac{8\pi k\nu^2}{c^3} \log \left(1 - e^{-\frac{h\nu}{kT}}\right) = \frac{\varrho_\nu}{T} + \int_0^T \frac{\varrho\, dT}{T^2}$$

c'est-à-dire on retrouve la relation (4).

Nous obtenons en outre une expression remarquablement simple pour l'énergie libre d'un rayonnement monochromatique appartenant à l'intervalle spectral $d\nu = 1$:

$$F_\nu = U_\nu - TS_\nu = - VT \int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2}$$

et pour un intervalle spectral d'étendue quelconque $d\nu$

$$F_\nu d\nu = - VT d\nu \int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2} \tag{5}$$

3. *Rayonnement en équilibre avec un système de résonnateurs*

Supposons que le rayonnement monochromatique se trouve en présence d'un certain nombre de résonnateurs de Planck avec lesquels il est en équilibre thermodynamique. Pour que cette condition soit satisfaite il est nécessaire et suffisant qu'il y ait équilibre *électrodynamique* entre les résonnateurs et le rayonnement. La condition d'équilibre électrodynamique a été établie par M. Planck ; elle forme d'ailleurs l'une des bases de sa théorie du rayonnement.

Rappelons brièvement quelques-uns des résultats obtenus par ce savant : En désignant par u l'énergie moyenne de l'un des résonnateurs, par ν la fréquence du rayonnement et par c la vitesse de la lumière, la relation fondamentale de Planck peut être mise sous la forme :

$$u = \frac{c^3}{8\pi\nu^2} \varrho_\nu + f(\nu) \tag{6}$$

A vrai dire la condition établie par M. Planck est un peu moins générale. Dans une première théorie (théorie des quanta) M. Plank admet $f(\nu) = 0$ [1].

La formule (6) s'obtient alors par l'application pure et simple des équations de Maxwell à l'onde excitatrice d'une part et

[1] Planck, Vorlesungen über die Theorie des Wärmestrahlung, 1906, § 123, équ. 194.

aux oscillations amorties d'un résonnateur de Hertz d'autre part.

Certaines difficultés bien connues ont amené M. Planck à modifier son raisonnement primitif. Il a établi une seconde théorie [1] (théorie des quanta d'émission) où il admet que l'absorption de l'énergie rayonnante est continue et obéit aux lois de l'électrodynamique tandis que l'émission est discontinue, conformément à l'hypothèse des quanta. Dans cette dernière hypothèse il faut alors ajouter un demi-quantum à l'expression de l'énergie moyenne obtenue, en admettant que l'émission et l'absorption obéissent aux mêmes lois (première théorie de Planck). L'expression qui résulte de la première théorie est :

$$u = \frac{c}{8\pi\nu^2} \varrho.$$

Le quantum ou élément d'énergie est :

$$\varepsilon = h\nu$$

où h est la constante universelle bien connue de la loi de Planck

$$h = 6{,}55 \times 10^{-27}$$

L'hypothèse des quanta d'émission (deuxième théorie de Planck) fournit donc

$$f(\nu) = \frac{h\nu}{2}$$

Pour plus de généralité nous avons mis la relation de Planck sous la forme (6) réunissant ainsi les deux théories.

Soit maintenant un récipient de volume V renfermant un rayonnement de fréquence ν et de température T en équilibre électrodynamique (et par conséquent thermodynamique) avec un certain nombre N de résonnateurs. Il résulte du second principe de la thermodynamique que dans un changement isotherme-isochore et reversible l'énergie libre totale du système doit rester constante.

Mais on peut se demander en premier lieu si pareil changement est possible. Remarquons d'abord qu'en ce qui concerne

[1] Plank, *Ber. d. deutsch. phys. Ges.*, 1911, p. 138.

les résonnateurs, le seul changement possible est la variation du nombre N des résonnateurs présents. Nous admettons provisoirement (et nous reviendrons plus loin sur cette question) que cette variation soit possible à l'intérieur du récipient clos. Quant au rayonnement, la seule transformation isotherme-isochore (T et ν constants) possible est la variation de la « largeur » de l'intervalle spectrale $d\nu$. En outre, pour que le changement s'effectue d'une façon reversible, il faut que l'état d'équilibre thermodynamique entre le rayonnement et les résonnateurs soit maintenu à chaque instant. Il est indispensable pour cela de supposer que l'intérieur du récipient puisse être mis en communication (par l'intermédiaire d'une fenêtre en quartz par exemple) avec une source indéfinie de rayonnement de température T et de fréquence ν. Malgré cela nous sommes autorisés à considérer comme isochore la transformation qui s'opère à l'intérieur du récipient, *à condition que le rayonnement émis par la source présente à chaque instant exactement la même composition spectrale que le rayonnement à l'intérieur du récipient* [1].

Ceci posé, il en résulte que l'énergie libre totale du système (rayonnement et résonnateurs ensemble) ne peut pas changer. On sait en effet que la variation de l'énergie libre, produite par une transformation isotherme et reversible est égale au travail extérieur accompli. Ce travail étant nul dans la transformation envisagée, l'énergie libre reste nécessairement constante.

La transformation satisfait donc à la condition :

$$\delta(F_\nu d\nu) + \delta F_R = 0 \qquad (7)$$

F_R étant l'énergie libre du système de résonnateurs.

4. *Energie libre d'un système de résonnateurs*

Pour aller plus loin, nous chercherons d'abord l'expression de l'énergie libre moyenne f_R de l'un des résonnateurs qui sont

[1] En effet, dans ce cas, et dans ce cas seulement, le rayonnement envisagé aura à chaque instant la même constitution que si l'on n'avait établi aucune communication avec la source.

en équilibre thermodynamique avec le rayonnement. L'énergie libre du système des résonnateurs sera :

$$F_R = Nf_R$$

On remarquera qu'on ne peut parler ni de l'énergie, ni de l'entropie d'un résonnateur ; les expressions correctes sont : « l'énergie moyenne » et « l'entropie moyenne », car on ne saurait considérer que les valeurs moyennes des fonctions thermodynamiques, relatives à des phénomènes très étendus dans l'espace ou dans le temps.

Quant à l'entropie moyenne d'un résonnateur, elle est définie par la relation thermodynamique particulièrement simple

$$\frac{ds}{du} = \frac{1}{T}$$

La simplicité de cette équation résulte du fait que l'état du résonnateur de fréquence ν est entièrement défini par sa température T. On obtient donc s par une simple quadrature. Il y a cependant une petite difficulté concernant les limites de l'intégrale. En effet l'énergie moyenne du résonnateur (équat. 6) n'est pas nulle pour $T = 0$, mais sa valeur limite est $u_0 = f(\nu)$. Suivant la théorie adoptée, la fonction $\frac{u}{T}$ devient nulle ou infinie au zéro absolu. Cette difficulté disparaît cependant si, en intégrant, on remplace u par sa valeur tirée de l'équation (6). Désignons par $\frac{f(\nu)}{T_0}$ la valeur que présente le rapport $\frac{u}{T}$ pour T voisin de zéro ; on obtient par intégration partielle :

$$s = \frac{u}{T} - \frac{f(\nu)}{T_0} + \int_0^T \frac{u\,dT}{T^2} = \frac{u}{T} - \frac{f(\nu)}{T_0} + \frac{c^3}{8\pi\nu^2}\int_0^T \frac{\varrho_\nu\,dT}{T^2} - \frac{f(\nu)}{T} + \frac{f(\nu)}{T_0}$$

Le rapport $\frac{f(\nu)}{T_0}$ disparaît donc de l'expression définitive et on obtient finalement :

$$s = \frac{u}{T} + \frac{c^3}{8\pi\nu^2}\int_0^T \frac{\varrho_\nu\,dT}{T^2} - \frac{f(\nu)}{T}$$

$$f_R = u - Ts = -\frac{c^3}{8\pi\nu^2}\int_0^T \frac{\varrho_\nu\,dT}{T^2} + f(\nu)$$

De la dernière équation on déduit immédiatement l'énergie libre d'un système de N résonnateurs :

$$F_R = -N \frac{c^3}{8\pi\nu^2} \int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2} + Nf(\nu) \tag{8}$$

que nous cherchions.

Dans un changement isotherme-isochore reversible, l'énergie libre du rayonnement varie de :

$$\delta(F_\nu d\nu) = -VT\delta d\nu \int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2}$$

La variation $\delta d\nu$ a été nommée précédemment un changement de la « largeur de l'intervalle spectral ». Il ne faudrait cependant pas se représenter ce changement comme une variation de la largeur d'une « bande spectrale ». La variation $\delta d\nu$ se manifeste plutôt par l'apparition ou la disparition de certaines cannelures, irrégulièrement distribuées dans la bande spectrale envisagée. On remarquera que nous ne sommes d'aucune façon obligés de ranger les vibrations du domaine $d\nu$ dans l'ordre de leurs fréquences. Chaque groupe de vibrations qui apparaît ou qui disparaît doit être considéré comme une variation $\delta d\nu$ de l'intervalle $d\nu$.

L'énergie libre du rayonnement variant de

$$\delta(F_\nu d\nu)$$

et celle des résonnateurs de

$$\delta F_R$$

on a en vertu des équations (7) et (8)

$$\delta(F_\nu d\nu) = -\delta F_R = \delta N \frac{c_3}{8\pi\nu^2} \int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2} - \delta N f(\nu) \tag{9}$$

δN étant la variation du nombre des résonnateurs présents.

5. *Rayonnement en équilibre avec un système chimique*

Appliquons maintenant les considérations développées plus haut à un rayonnement en équilibre thermodynamique avec

un système susceptible de subir une transformation chimique, accompagnée d'une absorption d'énergie rayonnante. Pour que la réaction puisse se faire d'une manière isotherme et isochore, il faut supposer le système enfermé dans un récipient de volume invariable et entouré d'un thermostat de température T. Nous admettrons par contre que le rayonnement ne puisse échanger de l'énergie avec le thermostat ni directement ni par l'intermédiaire des résonnateurs. Nous introduisons en outre l'hypothèse *que certaines molécules, faisant partie du système chimique, peuvent être assimilées à des résonnateurs de fréquence propre* ν.

Dans ces conditions, une absorption ou émission d'énergie rayonnante de fréquence ν impliquera un changement du nombre N des résonnateurs présents. En désignant par δN la variation de ce nombre, nous poserons :

$$\delta N = N\delta n$$

N étant le nombre des molécules par molécule-gramme (nombre de Loschmidt) et δn un certain nombre de molécules-grammes transformées, nombre que nous supposerons entier.

Soit alors δF la variation virtuelle de l'énergie libre du système chimique due à une réaction photochimique isotherme-isochore et reversible ; la condition d'équilibre, par rapport à cette réaction, est :

$$\delta F + \delta(F_\nu d\nu) = 0$$

La variation $\delta(F_\nu d\nu)$ est fournie par l'équation (9) en y remplaçant δN par $N\delta n$. On aura donc :

$$\delta F + N\delta n \frac{c^3 T}{8\pi\nu^2}\int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2} - N\delta n f(\nu) = 0$$

Quant à l'énergie libre du système chimique, elle est :

$$F = \sum n_i RT (\log c_i - f_i) \qquad (10)$$

n_i est le nombre des molécules-grammes d'une des substances présentes;
R la constante des gaz parfaits;
c_i la concentration en volume de cette substance : $c_i = \frac{n_i}{V}$;
f_i une certaine fonction de la température et des constantes thermodynamiques de cette substance.

On peut expliciter f_i pour un gaz parfait.

En calculant la variation de l'expression (10) on trouve facilement :

$$\delta F = \sum \delta n_i RT (\log c_i - f_i')$$

ou :

$$f_i' = f_i - 1$$

La condition d'équilibre sera donc :

$$\sum \delta n_i RT (\log c_i - f_i') + N\delta n \frac{c^3 T}{8\pi\nu^2} \int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2} - N\delta n f(\nu) = 0$$

6. *Cas particulier d'un mélange de gaz parfaits*

Admettons maintenant que tous les corps qui se trouvent en présence soient des gaz parfaits. On aura [1] :

$$- f_i' = \frac{1}{R}\left(\frac{\beta_i}{T} - \alpha_i - C_{pi} \log T\right)$$

β_i et α_i étant des constantes pour un gaz donné et C_{pi} la chaleur moléculaire à pression constante de ce gaz.

Remplaçons de plus dans la condition d'équilibre les variations δn_i par des nombres entiers (supposés petits) n_1 n_2 ..... et posons (avec M. Planck, *loc. cit.*)

$$\sum n_i \beta_i = BR$$

$$\sum n_i \alpha_i = R \log A$$

$$\sum n_i C_{pi} = RC$$

il vient

$$- \sum n_i RT f_i' = R [B - T \log A - CT \log T]$$

et la condition d'équilibre précédente prend la forme :

$$RT \sum n_i \log c_i = RT \left[C \log T + \log A - \frac{B}{T} - n \frac{c^3 N}{8\pi\nu^2 R} \int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2} + nN \frac{f(\nu)}{RT} \right] \quad (11)$$

[1] Planck, *loc. cit.*, p. 212 et suiv. Il faut toutefois remarquer que M. Planck envisage dans son exposé des transformations isobares, tandis que nos formules se rapportent à des réactions isochores.

Il résulte de notre hypothèse que le nombre n est en tout cas un petit nombre entier.

Si l'on veut aller plus loin il est nécessaire d'introduire une loi particulière du rayonnement. Nous avons choisi celle de Planck qui est la plus parfaite.

Cette loi s'écrit :

$$\varrho_\nu = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

et on a :

$$k = \frac{R}{N}$$

On trouve alors :

$$\frac{c^3}{8\pi k\nu^2} \int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2} = -\log\left(1 - e^{-\frac{h\nu}{kT}}\right)$$

Nous adopterons en outre la seconde théorie de Planck en posant :

$$f(\nu) = \frac{h\nu}{2}$$

On obtient alors en supprimant dans l'équation (11) le facteur RT :

$$\sum n_i \log c_i = C \log T + \log A - \frac{B}{T} + n \log\left(1 - e^{-\frac{h\nu}{kT}}\right) + n\frac{h\nu}{2kT}$$

La condition d'équilibre peut donc s'écrire :

$$\frac{c_1^{n_1} c_2^{n_2} \ldots}{c'^{n'_1}_1 c'^{n'_2}_2 \ldots} = AT^C e^{-\frac{B}{T}} \left(e^{\frac{nh\nu}{2kT}} - e^{-\frac{nh\nu}{2kT}}\right)$$

Elle diffère de l'équation d'équilibre thermochimique par les exponentielles dont les exposants sont

$$\pm \frac{nh\nu}{2kT}$$

Remplaçons le facteur

$$AT^C e^{-\frac{B}{T}}$$

par K ; K étant la constante d'équilibre thermochimique, fonction de T et des constantes du système. Les concentrations d'équilibre sont alors définies par :

$$\frac{c_1^{n_1} c_2^{n_2} \ldots}{c'^{n'_1}_1 c'^{n'_2}_2 \ldots} = K \left(e^{\frac{nh\nu}{2kT}} - e^{-\frac{nh\nu}{2kT}}\right) \qquad (12)$$

Si à la place de la seconde théorie de Planck on adoptait la première le facteur de K serait

$$\left(1 - e^{-\frac{h\nu}{kT}}\right)^n$$

Ce facteur augmenterait donc avec ν. Il serait constamment plus petit que l'unité et tendrait vers la limite 1 pour $\nu = \infty$ ou $T = 0$. Si on applique la seconde théorie de Planck à des grandes valeurs de ν ou à des petites valeurs de T, le facteur photochimique est sensiblement égal à

$$e^{\frac{nh\nu}{2kT}}$$

Il tend vers ∞ pour $\nu = \infty$ ou pour $T = 0$.

A la température ordinaire ce facteur est pratiquement infini même pour les fréquences de la lumière visible et à fortiori pour l'ultraviolet.

La seconde théorie de Planck semble donc capable de fournir une interprétation théorique des observations de MM. D. Berthelot et H. Gaudechon [1].

7. *Réaction unimoléculaire*

Appliquons l'équation (12) au cas particulier d'une réaction photochimique se passant dans un mélange gazeux selon le schéma :

$$AB \rightleftharpoons A + B$$

AB, A et B étant trois gaz parfaits. Si la décomposition des molécules AB se fait sous l'influence de la lumière, et si elle est accompagnée d'une absorption d'énergie rayonnante, il faut admettre, d'après notre hypothèse, que le nombre des résonnateurs *augmente* par suite de la décomposition. Le nombre n est donc positif, mais sa valeur reste indéterminée et doit être fixée par une supposition nouvelle. En nous inspirant du fait connu qu'en général les molécules composées donnent le spectre de leurs atomes constitutifs, nous admettrons *que la molécule*

[1] *Comptes rendus*, 1912, t. 164, p. 1597.

AB ne possède pas la faculté de résonnance, tandis que les atomes A et B sont des résonnateurs. L'augmentation du nombre des résonnateurs sera alors égale au double du nombre des molécules décomposées.

Ceci admis, on posera dans l'équation (12) :

$n'_1 = 1$ (variation du nombre de molécules-grammes du gaz AB);
$n_1 = n_2 = 1$ (variation correspondante du nombre des molécules-grammes des gaz A et B).

$$n = 2$$

et la condition d'équilibre prend alors la forme :

$$\frac{c_2 c_3}{c_1} = \mathrm{K}\left(e^{\frac{h\nu}{k\mathrm{T}}} - e^{-\frac{h\nu}{k\mathrm{T}}}\right) \tag{13}$$

Les indices 1, 2, 3 se rapportent aux trois gaz envisagés, 1 aux molécules AB et 2 et 3 aux molécules A et B.

Une décomposition photochimique de même genre a été envisagée par M. A. Einstein *(loc. cit.)* qui arrive à la conclusion que pour des rayonnements de faible densité (ρ_ν petit) la condition d'équilibre serait la même qu'en l'absence du rayonnement, c'est-à-dire la condition d'équilibre thermochimique habituelle. Nos considérations conduisent au même résultat que celles de M. Einstein, si on adopte la première théorie de Planck, mais il ne semble pas que ce résultat s'accorde avec les constatations de M. D. Berthelot.

Les mêmes considérations de M. Einstein fournissent d'ailleurs un second résultat de la plus haute importance, la loi de l'équivalence photochimique, déduite auparavant de l'hypothèse des quanta et vérifiée expérimentalement par M. Warburg dans le cas de la formation photochimique des molécules d'ozone.

D'après le mode même de sa déduction, la loi de l'équivalence ne doit pas être une loi rigoureuse. Basée sur la loi du rayonnement de Wien qui n'est qu'une loi limite, la loi de l'équivalence doit être elle-même une loi limite, valable pour des grandes valeurs du rapport $\frac{\nu}{\mathrm{T}}$.

Cherchons si la présente théorie est en accord avec la loi de l'équivalence.

$$\mathrm{E} = Nh\nu$$

E = énergie absorbée pour la décomposition photochimique d'une molécule-gramme AB.

Dans notre exemple les 2 N résonnateurs formés par suite de la décomposition de 1 molécule-gramme AB absorbent une quantité d'énergie rayonnante qui résulte de l'équation (6).

$$E = 2Nu = 2N\frac{c^3}{8\pi\nu^2}\varrho_\nu + Nh\nu$$

Cherchons la limite de cette expression pour $\frac{h\nu}{kT} = \infty$ [1].

On a :

$$\frac{c^3}{8\pi\nu^2}\varrho_\nu = \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

Donc :

$$\lim \frac{c^3\varrho_\nu}{8\pi\nu^2} = 0$$

Et par conséquent :

$$\lim E = Nh\nu$$

On trouve donc comme loi limite la loi d'Einstein [2].

Il est juste de remarquer que la théorie proposée pourrait conduire dans certains cas à de multiples *impairs* de $\frac{Nh\nu}{2}$ ce qui serait en désaccord avec la loi de l'équivalence, telle qu'elle a été énoncée par Einstein ; mais à l'heure actuelle aucune expé-

[1] Cette supposition n'entraine pas nécessairement $\nu = \infty$, car on a $\frac{h\nu}{kT} = \infty$ aussi pour $T = 0$. A la température ordinaire $\frac{h\nu}{kT}$ prend des grandes valeurs même pour les fréquences de la lumière visible. On a par exemple pour la lumière jaune $\nu = 5 \times 10^{14}$, ce qui donne pour $T = 300°$ absolus.

$$\frac{h\nu}{kT} = 80.6$$

[2] Remarquons que la loi en question résulte ici de la condition d'équilibre thermodynamique entre le rayonnement et les résonnateurs; elle ne se rattache nullement à l'hypothèse des quanta. En outre, dans la seconde théorie de Planck, l'absorption et l'émission obéissent à des lois différentes, ce qui rend plus délicat l'application de cette hypothèse. Malgré cela, la transformation envisagée peut être considérée comme réversible, pourvu qu'elle satisfasse aux conditions stipulées p. 501.

rience ne permet d'affirmer que des multiples impairs de $\frac{Nh\nu}{2}$ ne puissent intervenir dans certaines réactions photochimiques. Ce fait n'est donc pas absolument un inconvénient pour notre théorie : cette indétermination lui donne une plus grande généralité.

8. *Conclusions*

La théorie que nous venons de développer permet une classifications des réactions photochimiques en trois grands groupes.

Premier cas : $n < 0$ Réactions exoénergitiques.

Dans ces réactions il y a mise en liberté d'énergie rayonnante. L'augmentation de la fréquence ν déplacera l'équilibre de la même façon qu'une élevation de la température T déplace l'équilibre thermochimique d'une réaction exothermique. Il faudra donc diminuer la fréquence ν (de même que l'on abaisse la température) pour favoriser la réaction[1].

Deuxième cas : $n > 0$ Réactions endoénergétiques.

Ces réactions, étudiées par MM. D. Berthelot et H. Gaudechon, ont une importance particulière à cause du rôle qu'elles jouent dans la chimie végétale. Il est évident que l'inverse d'une réaction exoénergétique est une réaction endoénergétique. Il faut donc, dans ce second cas, augmenter la fréquence pour favoriser la réaction.

Troisième cas : $n = 0$. L'équilibre est indépendant de la fréquence dans ces réactions. En outre, tandis que les réactions des deux premiers groupes obéissent à la loi d'Einstein (ou à une loi semblable), rien de pareil ne se produit pour ce troisième groupe de réactions photochimiques, et c'est là peut-être le cas

[1] Expérimentalement, il y aurait peut-être une grande difficulté à agir sur la fréquence des résonnateurs qui sont la cause de l'activité photochimique du système ; si l'on y réussissait cependant, l'expérience fournirait un complément intéressant aux observations de MM. Berthelot et Gaudechon. Il est d'ailleurs fort possible que l'expérience ne vérifie pas nos prévisions, car selon la seconde théorie de Planck, l'émission ne forme pas la contre-partie exacte de l'absorption. (Cf. note précédente.)

le plus fréquent[1]. Il n'en résulte cependant pas nécessairement que le rayonnement soit sans influence sur la marche de la réaction. Il peut arriver en effet que le système chimique renferme des résonnateurs, mais que leur nombre reste constant au cours de la réaction ; le rayonnement n'agira alors que sur la vitesse de réaction, c'est-à-dire à la manière d'un catalyseur. Ce sont là les seuls renseignements que fournit notre théorie sur ce genre de réactions photochimiques.

Les conclusions que nous venons énoncer ne sont évidemment applicables qu'au cas où le système chimique est sensible aux fréquences utilisées. La sensibilité photochimique ne semble pas être généralement limitée à un intervalle spectral très restreint, mais nos connaissances relatives à ce sujet — qui est d'ailleurs d'une importance capitale pour la théorie du rayonnement — sont encore trop incomplètes pour qu'on puisse donner des indications précises sur cette question. Lorsqu'un jour nous posséderons de plus amples renseignements expérimentaux et théoriques, ils permettront sans doute de compléter la classification des réactions photochimiques.

En terminant ce mémoire nous voudrions attirer l'attention du lecteur sur le fait que nous ne saurions prétendre à une vérification quantitative exacte de notre théorie. Les conditions trop restrictives que nous avons dû poser pour rendre abordable le problème thermodynamique ne se trouvent certainement pas réalisées dans la nature et ne sont probablement que très difficilement réalisables — même approximativement — dans le laboratoire. Toutefois, l'accord qualitatif de cette théorie avec les résultats des expériences de MM. D. Berthelot et H. Gaudechon nous donne l'espoir qu'elle pourra fournir quelques indications utiles pour les recherches futures.

[1] Cf. p. ex. V. Henri et R. Wurmser, *Journ. de phys.*, 1913 (5), t. 3, p. 320.

RECHERCHES

SUR

L'ALBITISATION DES ROCHES ÉRUPTIVES[1]

PAR

N. SMIRNOFF

Privat-docent à l'Université impériale de Moscou

Introduction

Les études microscopiques qui font l'objet de cet article ont été effectuées, en été 1911, au laboratoire de M. le Prof. Duparc, à l'Université de Genève, puis ensuite, en 1912 et 1913, à l'Institut de Minéralogie de l'Université impériale de Moscou. L'auteur tient à exprimer sa vive reconnaissance à M. le Prof. Duparc pour les renseignements précieux qu'il lui a communiqués au sujet des phénomènes d'albitisation, observés par lui dans quelques roches de l'Oural, ainsi que pour les indications qu'il lui a données sur les méthodes suivies au cours de ce travail.

Le matériel, étudié au double point de vue minéralogique et chimique, est constitué par des roches éruptives récoltées par l'auteur en 1908, 1909, 1913 dans l'Oural et en 1906 dans la Russie méridionale.

Ce matériel a fourni de bons exemples des différents stades

[1] Cet article n'est qu'un extrait de l'ouvrage beaucoup plus détaillé, publié en russe, dans les *Mémoires de l'Université impériale de Moscou*, 1913.

du phénomène de l'albitisation, phénomène qui avait été signalé depuis longtemps dans la littérature pétrographique spéciale, mais qui n'avait jamais été soumis à une étude particulière.

Littérature

Les phénomènes d'albitisation des feldspaths basiques ont été désignés sous le nom de *saussurisation* et Rosenbusch [1] les considérait depuis longtemps comme le résultat d'actions dynamométamorphiques exercées sur quelques roches basiques du groupe des gabbros. Dans son grand ouvrage sur la microstructure des roches, Rosenbusch [2] donne, d'autre part, une série d'exemples où l'albite secondaire apparaît dans les roches éruptives à la suite de phénomènes très variés : pneumatolyse, contacts, etc. Elle s'y forme le plus souvent aux dépens des feldspaths primaires de diabases et roches analogues. Elle est accompagnée dans tous les cas par l'épidote, la zoïsite, la calcite, qui ont fixé la chaux du plagioclase, puis par des micas alcalins, comme la muscovite ou plutôt la séricite, qui ont fixé la potasse, toujours contenue en petite quantité dans le feldspath primaire. Grubenmann [3] donne un tableau des minéraux des schistes cristallins. L'albite y joue un rôle important, notamment pour les roches métamorphiques dont la nature éruptive primaire est hors de doute comme, par exemple, les gneiss à feldspath alcalins, les gneiss à plagioclases, les éclogites et amphibolites, les schistes à silicates magnésiens, les roches à jadéite et à chloromélanite. Toutes ces roches ne sont que les produits de recristallisation de roches éruptives diverses : granits, syénites, diorites, gabbros, syénites néphéliniques et roches théralitiques. Cette recristallisation se serait effectuée *sous l'influence du dynamométamorphisme*, que Grubenmann considère comme le seul agent du métamorphisme général.

[1] Elemente der Gesteinslehre, 1898.

[2] Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine, Stuttgart 1908.

[3] Die kristallinen Schiefer, Berlin 1910.

L'albite apparaît dans toutes ces roches pendant leur recristallisation et accompagne encore souvent les restes de plagioclases primaires, surtout dans les deux zones supérieures du métamorphisme. La cause générale du phénomène se trouve donc, suivant Grubenmann, dans les actions tectoniques; c'est ce « dynamométamorphisme » qui tend à faire apparaître des minéraux nouveaux, de volumes moléculaires inférieurs à ceux des espèces initiales primaires correspondantes.

Van Hise[1] nous a donné, au point de vue théorique, une analyse détaillée de tous les phénomènes de métamorphisme des roches. Sa conception des zones d'anamorphisme et de katamorphisme est suffisamment connue pour que nous ne nous y arrêtions pas. Qu'il nous suffise de signaler les nombreuses transformations des feldspaths sous l'influence de l'eau et de l'acide carbonique, mentionnées par Van Hise comme exemples de réactions chimiques pouvant avoir lieu dans l'écorce terrestre. On y voit que l'albite est l'un des minéraux les plus instables ; elle est facilement transformée en zéolites et, d'autre part, elle est le produit de la décomposition de ces derniers dans les zones plus profondes.

Van Hise donne, en outre, quelques analyses de diabases fraîches et métamorphiques; elles montrent avec évidence que la potasse et la chaux sont les corps les plus instables et peuvent facilement être retirés de la roche primaire par les agents du métamorphisme. Ce dernier agit par une série de recristallisations répétées, le « rock flowage », sous l'influence de la pression, de la température élevée, des agents minéralisateurs, etc.

Les trois grands ouvrages de Rosenbusch, de Grubenmann et de Van Hise nous ont déjà donné des indications très précieuses sur le phénomène de l'albitisation, mais c'est surtout la littérature pétrographique spéciale qui nous a éclairé à ce sujet.

Parmi les nombreux mémoires que nous avons eu l'occasion d'examiner, nous laisserons de côté ceux qui ne nous ont rien donné de nouveau, quant aux trois ouvrages cités ci-dessus.

[1] A treatise on metamorphism.

Tels sont, par exemple, les travaux de R. W. Schäfer[1], F. R. van Horn[2], L. Hezner[3].

Tous ces ouvrages traitent des roches métamorphiques basiques; plusieurs donnent d'excellents exemples d'albitisation, sous l'influence du dynamométamorphisme. Nous renvoyons pour les détails aux textes originaux mêmes.

Ce sont les travaux de Becke[4] qui nous ont fourni les indications les plus générales quant à l'albitisation de différentes roches des Alpes orientales.

Dans le mémoire intitulé « Ueber Mineralbestand und Struktur der kristallinischen Schiefer », Becke exprime l'opinion que, sous l'influence de l'eau et d'une température élevée, l'anorthose peut se transformer en albite et microcline. Le rôle prépondérant de l'albite parmi les minéraux des schistes cristallins est expliqué par Becke comme étant la conséquence de son faible volume moléculaire, celui-ci est en effet moindre pour l'albite que pour tous les autres feldspaths.

Becke donne plusieurs exemples d'albitisation des feldspaths primaires de roches éruptives; il attire l'attention du lecteur sur le fait que l'albite apparaît surtout dans les zones supérieures de métamorphisme, en compagnie de la zoïsite, de l'épidote, de la muscovite, de la chlorite et de l'antigorite.

Nous mentionnerons encore deux articles qui nous paraissent particulièrement intéressants pour notre sujet:

Tronquoy a décrit, sous le titre « Contribution à l'étude des gîtes d'étain »[5], une série de roches granitiques, dans lequel le

[1] R. W. Schäfer, Ueber die metamorphen Gabbrogesteine des Allalingebietes im Wallis zwischen Zermatt und Saastal. *T. M. P. M.* 1895, Bd. XV. — Der basische Gesteinzug von Ivrea im Gebiet des Mastallone-Tales. *Ibid.*, 1898, Bd. XVII.

[2] F. R. van Horn, Petrographische Untersuchungen über die noritischen Gesteine der Umgegend von Ivrea in Oberitalien. *Ibid.*, 1898, Bd. XVII.

[3] L. Hezner, Ein Beitrag zur Kenntniss der Eklogite und Amphibolite mit besonderer Berücksichtigung der Vorkommnisse des mittleren « Otztales ». *Ibid.* 1903, Bd. XXII.

[4] *Denkschriften der kais. Akademie der Wissenschaften*, Wien 1903, Bd. 75.

[5] *Bull. de la Soc. Fr. de Minéralogie*, 1912.

microline a subi l'albitisation. Le microline et l'albite secondaire ont la face $g^1 = (010)$ commune. Cette transformation est dûe, parait-il, à l'action de solutions sodiques circulant dans la roche. Niethammer[1] nous a donné un exemple fort curieux d'albitisation de l'oligoclase. Ce phénomène se présente dans les dacites tertiaires de Kali-Soeroean, qui contiennent l'oligoclase Ab_{75} An_{25}, complètement transformé en albite. Quelques cas d'albitisation de roches éruptives basiques der Andes sont mentionnés par Stieglitz dans son article «Zur Petrographie Argentiniens»[2]. Dans l'ouvrage «Les roches éruptives des environs de Ménerville, Algérie»[3], M. le Prof. L. Duparc signale l'albitisation des plagioclases basiques des basaltites.

Craignant de fatiguer le lecteur par une longue énumération des travaux que nous avons eu l'occasion de consulter, nous le renvoyons à l'article détaillé, publié par l'Université Impériale de Moscou. Remarquons que la littérature pétrographique russe est celle où le phénomène de l'albitisation est le moins signalé. A part les ouvrages de M. le Prof. L. Duparc sur l'Oural du Nord, où cette transformation est décrite, le phénomène n'est que mentionné dans plusieurs autres mémoires.

C'est pour cette raison que l'auteur de cet article a entrepris l'étude microscopique et chimique de quelques roches de l'Oural pour se faire une idée de leur métamorphisme, suivi de l'albitisation des feldspaths primaires.

Etude microscopique et chimique

Les méthodes dont l'auteur a fait usage dans le cours de ces études sont celles couramment employées pour la détermination en coupes minces des minéraux des roches, méthodes basées sur les biréfringences, le signe optique, l'orientation optique, les extinctions, la mesure de l'angle 2V des axes optiques, etc.

[1] Die Eruptivgesteine von Loe oelo auf Java. *T. M. P. M.*, 1909, Bd. XXVIII.

[2] *T. M. P. M.*, 1911, Bd. XXX.

[3] *Mém. Soc. Phys. et d'Hist. Nat.*, Genève 1900.

L'albite est l'un des minéraux les plus difficiles à déterminer, vu sa biréfringence très voisine de celle du quartz, son signe optique positif, sa biaxie quelquefois assez faible, ses extinctions difficiles à mesurer par suite de l'absence souvent remarquée du clivage $p = (001)$ et des cassures $h^1 = (100)$. D'autre part les mâcles, notamment celle suivant la loi de l'albite, y sont assez rares. Le diagnostic n'est donc certain que dans le cas où le minéral est bien mâclé et où les directions $p = (001)$ et $h^1 = (100)$ sont nettement apparentes.

Les analyses ont été effectuées au Laboratoire de minéralogie de l'Université impériale de Moscou. L'auteur n'a dosé que les composés suivants : SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, FeO, CaO, MgO, K_2O, Na_2O, CO_2, H_2O. Ce sont en effet les seuls ayant de l'importance pour la composition du magma des roches métamorphiques de provenance éruptive.

A. — Les roches de la Chaitanskaia Datcha

(*Oural central*)

Cette région est l'une des plus typiques pour la chaîne centrale de l'Oural. Suivant la direction N. S. se présente, au travers de la Datcha, toute une série de bandes d'affleurement de roches diverses : pyroxénites, hornblendites, diorites et diabases, granits, gabbros et schistes cristallins. Toutes ces roches ont été soumises d'une part au métamorphisme, au contact des roches sédimentaires d'âge dévonien, et d'autre part au dynamométamorphisme. C'est probablement ce dernier qui fut le plus intense. La plupart ont été entièrement recristallisées et ont donné naissance aux serpentines, amphibolites, gneiss à plagioclases et à amphiboles, schistes chloriteux, etc. Nous donnerons un bref aperçu des principales roches métamorphiques de la région, en laissant de côté tous les détails d'intérêt purement local.

Les *schistes albito-chloriteux, de la Mine Serebriany* (Mine d'Argent), sont bien stratifiés, leur composition minéralogique varie très peu. L'albite, le quartz, la calcite, la muscovite, la

biotite, le clinochlore, la magnétite et quelques autres espèces sont les minéraux principaux. L'albite y est bien caractéristique, elle se présente en grandes plages, quelquefois mâclées suivant la loi de l'albite, mais les mâcles polysynthétiques manquent complètement. La structure est granoblastique, mais montre encore des traces distinctes de cataclase. Les micas, en se disposant parfois en bandes, donnent à la roche l'aspect nématoblastique. L'analyse chimique et son interprétation d'après les méthodes de Loewinson-Lessing et d'Osann nous amènent à la conclusion qu'il s'agit là d'une roche dioritique, transformée en schiste albito-chloriteux par le dynamométamorphisme. La composition est la suivante :

SiO_2	58,20
Al_2O_3	13,57
Fe_2O_3	5,00
CaO	2,40
MgO	10,32
K_2O	3,10
Na_2O	5,75
H_2O hygrométrique	0,21
H_2O de constitution	1,02
CO_2	0,63
Total	100,20

La « *Listwénite* », *de la Mine de Nickel,* est une roche constituée par des carbonates, de la muscovite en petites lamelles, du talc et des feldspaths.

Ces derniers sont particulièrement curieux ; ils sont mâclés selon la loi de l'albite, l'angle 2V est assez petit et la biréfringence de 0,010 au maximum, le signe optique est positif. Les angles d'extinction n'ont pu être déterminés, vu l'absence de lignes directrices $p = (001)$ et $h^1 = (100)$. Cette Listwénite est évidemment une roche de contact ; le calcaire dévonien y a été transformé par des intrusions de pyroxénites, qui elles-mêmes ont ensuite donné naissance à la serpentine. Au contact des deux roches se sont formés des minerais de nickel (rewdinskite).

Les *amphibolites albito-épidotiques,* de la mine Topkoi, sont constituées par de l'albite, de l'amphibole verte, de l'épidote, du clinochlore et de la magnétite. La structure est microgra-

noblastique, avec porphyroblastes de magnétite et d'épidote. L'albite est ici très franche, mais en plages de petites dimensions. Deux échantillons des plus typiques ont donné à l'analyse les résultats suivants :

SiO_2	42,04	50,67
Al_2O_3	21,13	20,90
Fe_2O_3	4,11	3,33
FeO	5,23	5,90
CaO	21,90	16,00
MgO	4,34	0,79
K_2O	0,53	0,79
Na_2O	1,59	2,68
H_2O hygrométrique	0,21	0,36
H_2O de constitution	0,20	0,18
CO_2	0,31	0,16
Total	101,59	101,76

Ces analyses montrent avec évidence que ces amphibolites ne sont pas autre chose que des gabbros métamorphiques. L'interprétation par la méthode d'Osann permet, d'autre part, de calculer la composition probable du feldspath primaire ; on obtient ainsi $Ab_{28}\ An_{72}$ et $Ab_{40}\ An_{60}$, il s'agit donc de la bytownite et du labrador.

Amphibolites albitiques à actinote, de Stulinsky. Ces roches sont d'une schistosité parfaite ; elles forment d'étroites bandes interstratifiées dans les couches dévoniennes de schistes gréseux et sont disloquées en même temps que tout l'ensemble. Elles sont constituées par de petits grains d'albite, allongés suivant la schistosité de la roche, des aiguilles d'actinote, de la hornblende verte en prismes allongés, des grains de calcite et d'épidote. L'analyse correspond nettement à un gabbro typique.

SiO_2	40,16
Al_2O_3	21,70
Fe_2O_3	11,11
CaO	12,61
MgO	10,58
K_2O	0,16
Na_2O	2,24
H_2O hygrométrique	0,15
H_2O de constitution	1,34
Total	100,05

L'interprétation par la méthode d'Osann donne, pour le feldspath primaire, la composition Ab_{30} An_{70} (bytownite) et permet également de rapprocher cette roche d'un gabbro à hornblende.

Amphibolites albito-épidotiques de Palininsky. Ce sont des roches à texture massive, d'apparence dioritique et de structure granoblastique. Elles sont composées de très petits grains d'albite, d'amphibole verte, d'épidote, de biotite, de clinochlore, et de minerais en quantité variable. L'analyse permet de considérer la roche primaire comme une diorite de composition normale.

SiO_2	54,41
Al_2O_3	15,57
Fe_2O_3	1,31
FeO	8,56
CaO	12,87
MgO	1,06
K_2O	1,43
Na_2O	3,58
H_2O hygrométrique	0,26
H_2O de constitution	1,12
CO_2	0,73
Total	100,90

Le feldspath primaire serait, calculé à l'aide de la méthode d'Osann, de l'andésine Ab_{65} An_{35}. Les restes de feldspath que l'on observe dans une préparation permettent aussi, à l'aide des angles d'extinction, d'identifier l'andésine.

Les amphibolites albito-épidotiques de la mine Tchesnokovsky se trouvent en filons dans les granits de la chaîne centrale et sont en relation avec des filons acides, à pyrite aurifère. Elles sont constituées par de l'albite franche, de la biotite normale avec angle 2V très faible, de la hornblende verte ordinaire, de l'épidote, de la magnétite et de la pyrite. L'analyse rapproche ces roches des porphyrites à hornblende du magma dioritique.

SiO_2	59,12
Al_2O_3	19,27
Fe_2O_3	0,23
FeO	7,06
CaO	9,55
MgO	0,49
K_2O	0,80
Na_2O	4,01
Perte au feu	0,52
Total	101,05

Le calcul du feldspath primaire amène à un labrador andésine Ab_{56} An_{44}.

Les roches de contact de la mine Ossenievsky sont de composition assez variée. Elles sont tantôt constituées par des feldspaths acides (oligoclase) et du pyroxène ; tantôt par des feldspaths basiques (labrador et bytownite), du mica et de l'épidote. La formation du feldspath acide aux dépens de la variété basique ne peut pas être considérée comme prouvée, elle est cependant fort probable.

Les porphyres quartzifères de la Datcha sont des roches franchement écrasées, à texture schisteuse et structure granoblastique. Ils sont formés par des phénocristaux d'albite et de quartz, noyés dans une pâte d'albite, quartz et mica. L'albite de la pâte est probablement secondaire et doit être un produit de recristallisation du verre, sous pression ; elle est accompagnée d'épidote.

Les gabbros métamorphiques sont schisteux, écrasés ; cependant la structure primaire est encore visible, grâce aux contours des feldspaths et des pyroxènes, remplacés par l'amphibole verte. Ils sont constitués par l'albite secondaire, en grandes plages, ayant pris la place du feldspath primaire ; puis par la zoïsite, l'épidote, le clinochlore, l'amphibole verte, la magnétite et la titanite.

Les plagioclasites sont des roches de composition uniforme. La zoïsite y constitue la plus grande masse, elle est accompagnée de séricite et d'albite, quelquefois d'épidote. Dans quelques cas, le feldspath primaire a pu être déterminé, c'est alors une andésine ou un labrador. Nous avons donc là un cas d'albitisation d'une roche formée d'un seul minéral, et l'ensemble des trois produits secondaires correspond à la composition totale du feldspath primaire.

B. — Kamenskaia Datcha

(Oural oriental)

Cette région est l'une des plus disloquées de l'Oural. Les affleurements de roches éruptives basiques et de roches sédi-

mentaires dévoniennes et carbonifères y forment une pénéplaine, parcourue par les affluents de l'Ob, et dont la formation est dûe à l'abrasion marine tertiaire. Les nombreux cañons creusés par les rivières mettent à jour un complexe de plis et de failles, dont la formation fut accompagnée d'éruptions volcaniques de diabases et de porphyrites. Ces dernières roches ont, à leur tour, été soumises à des mouvements verticaux et à des plissements, qui les ont souvent totalement métamorphisées.

Nous avons eu l'occasion de visiter quelques mines de houille de cette région et d'y collectionner une série de porphyrites stratifiées, qui constituent un matériel fort intéressant au point de vue de l'étude du métamorphisme.

Comme l'apparence de ces roches ne nous donne pas d'indications sur la famille à laquelle elles appartiennent, nous avons crû utile de faire une étude plus approfondie, aussi bien des variétés métamorphiques que des variétés fraîches.

Les *porphyrites* de la Kamenskaia Datcha sont des roches à deux temps de consolidation. Les phénocristaux, de petite taille, sont représentés par l'augite et par l'andésine passant au labrador, Ab_{62} An_{38} à Ab_{52} An_{48}. Dans la pâte se trouvent des microlites d'andésine et d'augite, des grains de magnétite et du verre en voie de dévitrification. L'analyse chimique nous a donné les résultats suivants :

SiO_2	61,63
Al_2O_3	17,53
Fe_2O_3	3,97
FeO	2,85
CaO	7,28
MgO	1,50
K_2O	0,91
Na_2O	3,85
H_2O hygrométrique	0,20
H_2O de constitution	1,06
CO_2	0,15
Total	100,93

Le feldspath, calculé à l'aide de la méthode d'Osann doit être Ab_{59} An_{41}, ce qui correspond très bien à la détermination en coupe mince, d'après les caractères optiques.

Cette roche primaire est donc une porphyrite du magma dioritique.

Les *roches métamorphiques* de la région peuvent être subdivisées en deux catégories.

Les unes sont composées d'albite secondaire et d'épidote, avec parfois des restes de microlites et de phénocristaux primaires. Leur composition chimique est donnée par l'analyse ci-dessous :

SiO_2	51,63
Al_2O_3	23,09
Fe_2O_3	4,29
FeO	6,00
CaO	6,19
MgO	0,55
K_2O	0,84
Na_2O	5,13
H_2O hygrométrique	0,16
H_2O de constitution	2,18
CO_2	0,93
Total	100,99

Cette analyse, interprétée d'après les méthodes de Lœwinson-Lessing et d'Osann permet de considérer la roche initiale comme une porphyrite du magma diabasique. Le calcul du feldspath primaire donne $Ab_{62}\,An_{38}$, soit l'andésine. La plupart des échantillons de notre collection appartiennent à cette catégorie.

L'autre type est représenté par des roches de composition toute différente. On y trouve un minéral qui ressemble au quartz, de la muscovite, de la biotite, de la chlorite, quelquefois un peu de verre et des restes d'un feldspath primaire, du groupe de l'andésine, accompagnés d'épidote. Le minéral à apparence de quartz est légèrement biaxe, l'angle 2V ne dépassant pas quelques degrés ; mais il ne possède pas de clivage, sa biréfringence est de 0,009, etc. ; bref il a toutes les propriétés du quartz ; il représente probablement l'une des variétés biaxes de SiO_2.

C. — Environs de Tchéliabinsk
(Oural du sud)

Cette région forme la prolongation géographique de la pénéplaine de la Kamenskaïa Datcha, mais la structure géologique yest plus compliquée encore, les roches éruptives appartenant à plusieurs types distincts.

La partie nord est occupée par des granits, qui présentent plusieurs variétés au point de vue de la structure et de la composition minéralogique. On y rencontre en effet des granits grenus, des granit-porphyres, des granitites et des granits à amphibole, à titanite, des aplites, des pegmatites, des roches gneissiques. Le tout est disloqué, de la façon la plus intense, formant une quantité de horsts et de grabens, dont l'amplitude ne dépasse pas 1 mètre et descend parfois jusqu'à quelques centimètres.

La partie sud de la région est composée de diabases et de porphyrites, où les dislocations sont aussi très intenses. L'action du dynamométamorphisme s'y traduit par la formation de schistes cristallins du type des amphibolites et des glaucophanites. De nombreux filons de quartz ont traversé, dans toutes les directions, en s'entrecroisant, les masses de porphyrites; ils ont donné naissance à de riches gîtes aurifères.

Parmi toutes ces roches métamorphiques, il s'en trouve plusieurs qui ont subi une albitisation complète; chez d'autres, au contraire, ce phénomène n'a fait que commencer.

Chez les granits, la transformation a été la plus intense pour les *roches situées aux surfaces de dislocation.* On y trouve des schistes cristallins composés d'oligoclase acide, de quartz, de biotite, de séricite, de chlorite, d'hématite, de magnétite et de rutile. La composition de ces schistes les rattache aux granits; ils ont été produits à la suite d'une recristallisation complète sous l'influence de la pression, ce qui a ainsi donné naissance aux schistes à séricite.

Les *granit-porphyres* ont subi une albitisation partielle. L'albite secondaire traverse, en bandes étroites, l'oligoclase primaire de la première consolidation et l'entoure parfois comme d'une auréole. Les autres minéraux primaires sont aussi plus ou moins transformés comme, par exemple, la biotite qui est fortement chloritisée.

Il est intéressant de noter que *les roches clastiques,* situées au contact des surfaces de dislocation sont, paraît-il, partiellement recristallisées. On y observe la formation de grains de feldspath secondaire, mais la nature de ce minéral n'a pu être déterminée d'une façon plus précise.

Les porphyres de la région ont aussi subi une recristallisation et sont quelquefois transformés en schistes à séricite.

Ce sont *les porphyrites* qui ont éprouvé le métamorphisme le plus intense. On peut y distinguer plusieurs types, tels que les porphyrites à plagioclase, à amphibole, à pâte aphanitique. Leur métamorphisme est presque toujours le même et nous pouvons en donner une idée par la description de quelques échantillons des plus typiques.

Les plagioclases primaires, principalement les phénocristaux, sont souvent pénétrés par des bandes d'albite secondaire, accompagnée d'épidote et de séricite. L'albite y forme parfois des agrégats de petits grains, remplissant les cavités. Parmi les autres minéraux secondaires, on remarque surtout le clinochlore, l'amphibole verte, les carbonates. Ces derniers présentent deux variétés : l'une uniaxe négative, avec mâcles sur les faces du rhomboèdre, la calcite ; l'autre biaxe, l'aragonite. Comme amphiboles secondaires, nous avons identifié l'actinote et la trémolite.

Les amphibolites sont, sur le terrain, étroitement liées aux porphyrites et ne peuvent s'en distinguer qu'au microscope. Leur composition minéralogique est aussi presque la même, mais la schistosité est parfaite. Outre les minéraux mentionnés ci-dessus, on y rencontre parfois le glaucophane et le quartz.

Quelques-unes de ces roches ont conservé la structure primaire, mais le plus souvent il y a eu transformation. La structure est alors granoblastique ou nématoblastique, avec formation de porphyroblastes de divers minéraux : amphibole, chlorite, albite, etc. Certaines roches montrent les restes d'une structure grenue et ophitique, ce qui nous permet de les identifier comme des diorites ou des diabases.

D. — Sur quelques roches de la Russie méridionale

Nous avons étudié plusieurs échantillons de *granits* récoltés près des villages de Styla et de Karakouba, dans le gouvernement d'Ekaterinoslaw. Cette région constitue, comme l'on sait, un massif archéen fortement disloqué, de l'ancien continent,

sur les rives duquel se sont déposées les formations houillères carbonifères du Donetz.

Ces granits sont composés d'oligoclase Ab_{87} An_{13}, de microcline, de quartz, de biotite, d'apatite et d'un peu de minerai, avec ou sans amphibole et titanite. Les plagioclases sont quelquefois entourés par des anneaux d'albite secondaire, dont la formation est probablement due à l'action des agents superficiels, et non pas au dynamométamorphisme ou autres forces.

Conclusions

L'étude de la littérature précitée et des roches métamorphiques qui viennent d'être décrites a permis à l'auteur de tirer, sur le phénomène de l'albitisation, les conclusions suivantes :

1) L'albitisation peut être *définie* comme la formation d'albite secondaire aux dépens du feldspath primaire de la roche éruptive. Celui-ci peut être aussi bien un plagioclase qu'un feldspath alcalin.

2) L'albite secondaire diffère de l'albite primaire par les *propriétés spéciales* ci-dessous :

Il n'y a pas de mâcles polysynthétiques ou, en tous cas, celles-ci sont très rares ;

Les traces du clivage $p = (001)$ et des cassures $h^1 = (100)$ sont souvent absentes ou peu marquées ;

La valeur de l'angle des axes optiques est très variable.

Nous avons en effet pu constater que l'angle 2V peut prendre toutes les valeurs possibles de 50° à 79°, mais il est vrai que les mesures sont particulièrement difficiles, les hyperboles observées sur les sections perpendiculaires à la bissectrice aiguë étant ordinairement très floues. Nous avons obtenu les résultats suivants:

Echantillons	2V
Pachotny (plagioclasite)	79°13′30″
Serebriany (schiste albito-chloriteux).	69°28′40″
Tchesnokovsky (amphibolite)	63°28′20″
Verchny-Zavod (gabbro)	62°24′10″
Kamensky (porphyrite métamorph.) .	51°59′40″
Stulinsky (amphibolite)	46°58′10″

3) Le *feldspath primaire* pouvant être albitisé possède une composition essentiellement variable, ainsi qu'on le remarque dans la liste des feldspaths des différentes roches étudiées par l'auteur.

Ab_{28} An_{72}	Ab_{56} An_{44}	Ab_{67} An_{33}
Ab_{30} An_{70}	Ab_{62} An_{38}	Ab_{71} An_{29}
Ab_{40} An_{60}	Ab_{65} An_{35}	Ab_{87} An_{13}
Ab_{50} An_{50}		

Il est vrai que la composition de quelques-uns de ces feldspaths est théorique, elle a été calculée d'après l'analyse et peut être discutée. On obtient cependant une série absolument analogue en se basant uniquement sur les caractères optiques et sur les résultats obtenus par d'autres auteurs. On voit donc que chaque plagioclase peut être albitisé et la littérature nous apprend qu'il en est de même du microcline.

4) L'albite secondaire est généralement *associée* à un minéral du groupe de l'épidote, ou à un mica alcalin, ou enfin à ces deux minéraux à la fois. Cela s'explique aisément par le fait que la soude du feldspath primaire étant alors fixée dans l'albite, la chaux passe à l'épidote et la potasse au mica alcalin. Cette paragénèse de l'albite n'est pas nouvelle, elle a déjà été mentionnée maintes fois par d'autres auteurs.

5) La grande fréquence des feldspaths pouvant être albitisés (conclusion n° 3) nous explique pourquoi *toutes les roches éruptives,* à feldspath alcalin ou à plagioclase, *peuvent subir l'albitisation.* Cette conclusion ressort avec évidence de la littérature citée et se trouve confirmée par les recherches de l'auteur.

6) Le *mode de formation* de l'albite secondaire est une question purement pétrogénétique qui se rattache au problème de la recristallisation des roches dans les différentes zones de métamorphisme.

En consultant la littérature, on voit que les auteurs donnent des interprétations très différentes de ce phénomène. Grubenmann, Becke et leurs élèves expliquent la recristallisation des roches comme une conséquence du dynamométamorphisme. Rosenbusch donne des exemples fort variés de divers procédés qui ont pu provoquer la formation des plagioclases acides et de

l'albite : phénomènes de contact, action de la température, mélange de magmas, etc. Tronquoy voit la cause de l'albitisation du microcline (*loc. cit.*) dans la circulation de solutions sodiques. Certains auteurs considèrent même les amphibolites comme des roches magmatiques (Meister).

Dans les divers cas que l'auteur a pu observer, l'albitisation est due à des phénomènes physiques et chimiques divers : dynamométamorphisme, contacts, hydrométamorphisme, etc.

On voit que des causes très variées peuvent avoir le même résultat, au point de vue de la transformation des roches. L'albitisation des feldspaths primaires doit donc être due à une réaction chimique d'ordre général, qui se présente dans tous les types de métamorphisme. La cause déterminante en est la stabilité du feldspath sodique, vis-à-vis des feldspaths potassiques et de l'anorthite, ceux-ci étant solubilisés par les divers agents liquides de l'écorce terrestre.

L'apparition, dans toutes les roches métamorphiques, des micas potassiques et des minéraux du groupe de l'épidote, est une assez bonne preuve de cette manière de voir.

CHARRIAGE DES ALLUVIONS

DANS CERTAINS

COURS D'EAU DE LA SUISSE[1]

PAR

Léon W. COLLET

Directeur du Service de l'Hydrographie nationale à Berne

Les alluvions sont entraînées par les cours d'eau de deux façons :

1° Par roulement sur le lit ;

2° En suspension dans l'eau.

Voici les résultats acquis dans ce domaine par le Service de l'Hydrographie nationale suisse ou qui lui ont été aimablement communiqués.

1. *Transport par roulement sur le lit*

Ce n'est guère que par l'étude de l'accroissement des deltas lacustres que l'on peut se faire une idée à peu près exacte des alluvions entraînées par roulement sur le lit.

Les études de M. Stumpf, technicien au Service de l'Hydrographie nationale, ont porté sur l'accroissement des deltas du Rhin dans le lac de Constance, de la Linth dans le lac de Wallenstadt et de l'Aar dans le lac de Bienne. Le tableau ci-contre résume les résultats obtenus.

[1] Communication à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, séance du 4 juin 1914.

	AAR dans le lac de Bienne		LINTH dans le lac de Wallenstadt	RHIN dans le lac de Constance
	1878-1897	1897-1913	1860-1910	1900-1911
Mètres cubes d'alluvion au total	6 708 000	2 496 300	3 738 000	7 000 000
Mètres cubes par an. . .	335 400	156 000	74 000	580 000
Mètres cubes par an et par km² du bassin d'aliment.	126,0	58,6	119,0	94,7

Pour l'Aar, il est à remarquer que le chiffre de 58,6 m³ par km² doit probablement représenter l'état normal du transport. Le chiffre de 126 m³ par km² dans la période 1878-1897 permet de se faire une idée sur l'action de la correction de l'Aar. En effet, le canal d'Hagneck fut terminé en 1878 et l'on doit admettre que jusqu'en 1897 l'Aar a creusé son lit beaucoup plus fortement qu'actuellement.

Pour la Linth on peut dire que les résultats obtenus sont normaux. Quant au Rhin nous avons dans les 94,7 m³ par km² l'influence de la coupure de Fussach, puisque cette dernière a été terminée en 1900.

2. *Matériaux en suspension dans l'eau*

Baëff[1] a étudié les matériaux en suspension dans l'eau de l'Arve pour l'année 1890 et Uetrecht[2] ceux du Rhône pour l'année 1904-05.

Des observations journalières ont été effectuées sur la *Drance*, à Martigy-Bourg, de 1908 à 1913, par l'usine de Martigny-Bourg de la Société d'Electro-Chimie. Le directeur de cette usine, M. l'ingénieur de Blonay, a bien voulu nous autoriser à publier ces résultats intéressants (Voir tabelle ci-contre).

[1] Boné Baëff, Les eaux de l'Arve. Thèse. Faculté des Sciences. Université de Genève, 1891.

[2] Erich Uetrecht, Die Ablation der Rhone in ihrem Walliser Einzugsgebiete im Jahre 1904-1905. Inaugural-Dissertation. Universität Bern. 1906.

DOSAGES DE SABLE DE L'ANNÉE 1908 A 1913, EN GRAMMES PAR LITRE, DANS L'EAU DE LA DRANCE

Sable en grammes par litre P = hauteur limnimétrique		1908		1909		1910		1911		1912		1913	
		P	Sable	P	Sable	P	Sable	P	Sable	P	Sable	P	Sable
Avril	Maximum.	—	—	2 91	0.570	—	1.414	2.73	0.704	2 67	0.102	2.85	0.277
	Moyenne .	-	—		0.100	—	—		0.075		0.039		0.064
	Minimum .	—	—	2.57	0.026	—	0.012	2.66	0.012	2.67	0.006	2.63	0.005
Mai	Maximum.	—	0.238	3.27	1.492	3.12	20 255	3.19	1.407	3.02	1.939	3.40	1.586
	Moyenne .	—	0.163		0.475		2.316		0.404		0.529		0.294
	Minimum .	—	0.108	2 90	0.073	2.64	0 037	2.74	0.030	3.14	0.018	2.71	0.005
Juin	Maximum.	—	2.204	3.25	2.674	3.34	12.478	3.49	3.486	3.45	8.190	3.40	3 891
	Moyenne .	—	1.006		0 639		1.792		0.681		0.923		0.650
	Minimum .	—	0.186	2 82	0 060	3.27	0.122	3.10	0.075	3.17	0.090	3.02	0.023
Juillet ...	Maximum.	—	3.067	3.38	**32.953**	3.54	4.637	3.40	5.498	3.54	4 319	3.42	4.123
	Moyenne .	—	0.662		5.801		0.838		1.527		1.090		0.707
	Minimum .	—	0.130	2.92	0.111	3.03	0.101	3.36	0.127	3.23	0.162	2.99	0.021
Août	Maximum.	—	2.455	3.49	28.286	3 38	2.795	3 64	4.272	3.45	6.416	3.25	2.836
	Moyenne .	—	1.155		6 097		0.877		1.926		0.669		0.692
	Minimum .	—	0.204	3.09	0.304	3.11	0.104	3.30	0.290	3.00	0.049	2.95	0 057
Septembre	Maximum.	—	32.180	3.42	7.591	3 10	0 391	3 49	4.002	3 01	0.544	3.11	3.826
	Moyenne .	—	3.030		0.517		0.090		0.968		0.094		0.367
	Minimum .	—	0.010	2.82	0.024	2.82	0.022	2 83	0.009	2.80	0.007	2.77	**0.004**
Octobre..	Maximum.	—	—	2.95	5.174	—	7.451	2.81	0.166		—		
	Moyenne .	—	—		0.448	—	1.207		0.036		—		
	Minimum .	—	—	2.68	0.017	—	0.005	2.76	0.006		—		

J'ai fait doser en 1913 le sable en suspension dans l'eau de la *Massa*, émissaire du glacier d'Aletsch, et l'on poursuit actuellement encore cette étude[1]. Les plus grandes quantités de sable en suspension (matières colloïdales comprises) ont été rencontrées à la fin de mai et dans la première quinzaine de juin, avec un maximum de 2,825 gr. par litre le 13 Juin 1913. Le maximum de matières en suspension ne correspond pas avec les plus grands débits du torrent qui se sont présentés à la fin des mois de juillet et août. Un maximum extraordinaire a été enregistré le 30 juillet, lors de la débacle du lac de Märjelen, avec 14,9 gr. par litre.

La *Borgne* (Valais) a été étudiée par M. l'ingénieur Rauchenstein, de Sion, en 1909 et 1910. Comme la Drance, la Borgne a charrié une très grande quantité de matières en suspension à la fin de juillet et en août 1909. Le maximum, 58,8 gr. par litre, s'est présenté le 18 août.

La *Sihl* a charrié les 14-15 juin 1910, c'est-à-dire pendant les hautes eaux extraordinaires, d'après M. l'ingénieur Peter de Zurich, 13,18 gr. de matières en suspension par litre. En 12 heures la Sihl aurait charrié, avec un débit de 450 m³ sec., 260000 tonnes de matières en suspension.

Pendant les hautes eaux du 10 au 11 janvier 1914 la *Sihl* a charrié à Sihlbrugg les quantités suivantes de matières en suspension :

10 janvier 1914.	— 4 h. 10, p. m.	0,820 gr.	par litre.	Linnimètre	2,78 m
10 » »	— 4 h. 50, p. m.	0,723 gr.	»	»	2,72 m
11 » »	— 3 h. 40, p. m.	0,060 gr.	»	»	2.33 m

Comparées aux quantités de sable charriées pendant les hautes eaux de 1910 (14-15 juin) celles de 1914 sont *très faibles*. Cela provient avant tout du fait que le terrain dans le dernier cas était encore gelé.

L'Emme à Emmenmatt, pendant les hautes eaux du 10 septembre 1913, à 7 h. 40, p. m., a charrié *67,612 gr.* de sable en suspension par litre. L'échantillon a été prélevé six heures

[1] Je publierai prochainement avec M. le prof. Mellet, de l'Université de Lausanne, une note sur le cas particulier de la Massa.

après le niveau maximum, en sorte qu'il est probable que ce chiffre ne représente pas un maximum. Le linnimètre marquait 2,65 m. Le lendemain 11 septembre, à 7 h. 30 a. m. l'Emme ne charriait plus que 0,101 gr. par litre par une hautour linnimétrique de 2,28 m.

L'*Arve*, le 3 octobre 1888, a charrié, d'après M. Albert Brun, 32 gr. de sable par litre.

Je publierai avec mes collaborateurs une étude détaillée sur la question du charriage des alluvions ainsi que les cartes des deltas récemment levées, dans le IIe volume des « Annales du Service de l'Hydrographie nationale ».

LA
POLIOMYÉLITE ANTÉRIEURE AIGUË
OU
MALADIE DE HEINE-MEDIN

PAR

le Prof. Ad. D'ESPINE

Le 16 décembre 1913, le Conseil d'Etat du Canton de Genève a arrêté d'ajouter à la nomenclature des maladies dont la déclaration doit être faite au Bureau d'hygiène, la poliomyélite antérieure aiguë ou paralysie spinale infantile.

Notre but est d'expliquer dans cet article au public scientifique pour quelles raisons une maladie de l'enfance très anciennement connue et décrite pour la première fois par le Dr Heine de Cannstadt a été élevée au rang d'une maladie infectieuse à déclaration obligatoire.

Le Dr Rilliet de Genève a été le premier à faire connaître cette maladie en France en 1843 ; il lui avait donné le nom de paralysie essentielle parce qu'il n'avait pu trouver à l'autopsie d'un de ces cas aucune lésion anatomique pour l'expliquer.

Voyons d'abord quels sont les symptômes de la paralysie spinale infantile. Les auteurs sont unanimes pour reconnaître que dans la plupart des cas, elle atteint des enfants en bas-âge, de six mois à deux ans ; mais elle peut frapper aussi des enfants plus âgés et même exceptionnellement de jeunes adultes. La paralysie flasque des membres peut apparaître brusquement du soir au matin *(paralysis in the morning* de West), mais le plus souvent elle est précédée d'une indisposition fébrile. La paralysie a son maximum d'extension au début, puis diminue peu à peu et se cantonne dans un certain nombre de muscles (de la jambe, de la cuisse, de l'épaule), qui s'atrophient et parfois

disparaissent. Il en résulte des déformations par action prédominante des muscles antagonistes, qui sont du ressort de l'orthopédie. Telle est, en résumé, cette maladie si redoutée, parce qu'elle transforme le plus souvent de beaux enfants en de pauvres êtres voués toute leur vie à une infirmité incurable.

Sa localisation anatomique dans la moëlle entrevue par Heine a été démontrée pour la première fois par un élève de Vulpian, le professeur Prevost[1] de Genève en 1866, et consiste dans une destruction des grandes cellules motrices des cornes antérieures de la moëlle sous forme de petits foyers inflammatoires disséminés à diverses hauteurs de l'axe gris de la moëlle et prédominant dans le renflement lombaire ; d'où le nom de poliomyélite antérieure aiguë (de πολιος gris). Ces cellules ayant une action trophique sur les fibres motrices et les muscles qu'elles animent, on conçoit que leur destruction entraîne une dégénérescence des nerfs qui en dépendent et une atrophie musculaire correspondante. Si au contraire la congestion inflammatoire qui comprime au début les cellules motrices de la moëlle, diminue ou disparaît, les muscles paralysés recouvrent peu à peu leur motilité. L'examen électrique des muscles permet déjà de reconnaître à la période de paralysie ceux qui seront frappés d'atrophie et ceux qui guériront.

La cause déterminante de la maladie est encore inconnue, disions-nous en 1889, cependant certains faits permettraient peut-être de l'attribuer à un agent infectieux et nous citions à l'appui l'histoire d'une épidémie observée par Cordier en France[2]. Depuis lors, la description d'épidémies semblables s'est multipliée et a montré qu'à côté des cas isolés, sporadiques, il existe une forme épidémique qui sévit en général pendant les mois d'été. C'est en Scandinavie que les épidémies ont été les plus considérables et qu'elles ont pu être le mieux étudiées, grâce à l'isolement des villages où elles ont sévi. Wickmann[3] a décrit 1155 cas en Suède, Harbitz et Scheel[4]

[1] J.-L. Prevost, *C. R. de la Société de Biologie*, 1866, p. 215.

[2] D'Espine et Picot, 4e édition, p. 447.

[3] Wickman, Beiträge zur Kentniss zu Heine-Medinscher Krankheit, Berlin 1907.

[4] Harbitz et Scheel, *Deutsche med. Wochenschrift*, 1907.

1133 cas en Norvège de 1899 à 1905. Holt et Bartlett[1] ont pu réunir 35 épidémies depuis 1907 aux Etats-Unis. L'épidémie de 1907 à New-York frappa 2500 sujets. Des épidémies semblables ont été signalées un peu partout dans ces dernières années, en Westphalie (Krause et Meinicke[2]), en Silésie (Förster[3]), en Autriche (Zappert[4]), en France (Netter[5]), en Pologne (Mathilde de Biehler[6]).

Medin[7] qui avait observé une des premières épidémies en Suède en 1887, fut le premier qui modifia nos idées sur la nature et la localisation de la paralysie infantile, en constatant à côté des formes classiques de la paralysie spinale des paralysies du bulbe et des nerfs crâniens. Nous devons à Medin la description du stade aigu de la maladie, comme nous devons à Heine celle du stade avancé ; c'est donc à juste titre que Wickman a créé pour la désigner le nom de maladie de Heine-Medin, nom qui permet de comprendre dans une même entité morbide les cas sporadiques, comme les cas épidémiques, les cas légers et abortifs, comme les cas mortels.

On ne peut plus dire aujourd'hui avec Rilliet et Barthez que la paralysie infantile ne compromet jamais la vie. La mort est à craindre au début dans la première semaine ; elle est dûe le plus souvent à la paralysie ascendante aiguë (dite maladie de Landry), qui atteignant la moëlle allongée, paralyse le centre respiratoire, plus rarement à la localisation primitive dans le bulbe. La mortalité a varié suivant les épidémies de 3,70 % à 16 %, la mort survenant le plus souvent du 3e au 7e jour. Les formes légères ou abortives qui se terminent par la guérison, ont été observées dans les 13 à 22 % des cas.

La maladie de Heine-Medin est-elle contagieuse ? Les faits

[1] Holt et Bartlett, *Amer. Journ. of the med. Sciences*, 1908. p. 647.

[2] Krause et Meinicke, *Deutsche med. Wochenschrift*, 1909 et 1910.

[3] Förster, *Berl. klin. Wochenschrift*, 1909.

[4] Zappert, *Wien. med. Wochenschrift*, 1909, n° 47.

[5] Netter, *Bull. de la Soc. méd. des hôpitaux de Paris*, 1909 et *Bull. de l'Académie de médecine*, 1910.

[6] Mathilde de Biehler, *Arch. de médecine des enfants*, 1914, p. 116.

[7] Medin, Ueber eine Epidemie von Kinderlähmung. *C. R. du X. Congrès international de médecine*, Berlin, 1890.

observés par Wickman en Suède paraissent le démontrer. Cet auteur se base sur la multiplicité des cas dans une seule maison, dans une seule famille. La contagion peut se faire de malade à malade et en pareil cas les formes abortives servent souvent de véhicule au contage. Il est probable aussi que des sujets sains peuvent être porteurs de germes, comme pour la diphtérie, la fièvre typhoïde, la méningite cérébro-spinale ; ce sont alors le plus souvent les frères, les sœurs ou les parents des poliomyélitiques, qui ont été en contact avec les malades. Ainsi l'école, centre de réunion des enfants en incubation et des porteurs de germes y est fréquemment un foyer d'où la maladie se répand en rayonnant sur les maisons voisines.

Zappert à Vienne fait remarquer qu'il n'a pu noter un seul cas d'infection à l'hôpital même et il met en doute la contagiosité de la maladie. En Angleterre, William Pasteur[1] a observé pendant le mois de juillet 1896, 7 cas qui se produisirent en 10 jours chez les enfants d'une famille anglaise, habitant une propriété isolée. Trois d'entre eux présentèrent des paralysies qui revêtirent chez deux d'entre eux la forme spinale et chez le troisième la forme cérébrale avec hémiplégie ; deux ne présentèrent que des paralysies passagères et les deux autres ne présentèrent que des symptômes fébriles avec malaise général.

A Genève, on n'a jamais observé à notre connaissance d'épidémie de paralysie infantile ; les cas paraissent ici toujours sporadiques et la contagion ne paraît avoir joué aucun rôle. Comme la similitude des symptômes entre les cas sporadiques et les cas épidémiques est indéniable, il faut admettre que la maladie de Heine-Medin est une maladie infectieuse à virulence variable.

L'exposé des faits cliniques, tel que nous venons de le donner sous une forme très succincte, donne à l'hypothèse d'une cause infectieuse une grande probabilité.

La preuve scientifique n'en a été donnée que par l'expérimentation et cela tout récemment. C'est à ces travaux, que nous consacrerons principalement la fin de notre revue.

[1] William Pasteur, *Clinical Society Frans*, 1897, t. XXX, p. 143.

En 1909, Landsteiner et Popper[1] réussirent à transmettre la poliomyélite antérieure à des singes en leur inoculant dans le péritoine des fragments de moëlle infectée provenant d'une autopsie. Le premier mourut au bout de huit jours, après deux jours de maladie. A l'autopsie, on trouva dans la moëlle des lésions typiques de la maladie ; le second survécut, mais eut, le 17e jour, une paralysie des membres inférieurs ; il fut sacrifié deux jours après et présenta dans la moëlle des lésions presque identiques au premier.

Peu après, Flexner et Lewis[2] obtinrent des passages de singe à singe par inoculation intra-cérébrale de moëlle infectée. Levaditi et Landsteiner[3] ont montré que la période d'incubation est d'autant plus longue que la dose inoculée est moins forte, ce que l'on peut obtenir en filtrant l'émulsion de moëlle à travers un filtre Berkefeld.

Le microbe appartient à la catégorie des microbes invisibles, qui passent à travers certains filtres de porcelaine et sont arrêtés par d'autres à pores plus étroits. Il n'est pas cultivable sur milieux artificiels.[4]

Le médullovirus conserve très longtemps sa virulence, au moins 22 jours quand on le garde dans la glycérine et à la température de la glacière. Il est plus résistant que le virus rabique à la dessication sur la potasse caustique. Il ne résiste pas à une chaleur de 40 à 50°, maintenue une demi-heure. Par contre, il est très résistant au froid et reste virulent à —2° et même à —8°. L'urotropine paraît exercer une action destructive sur le médullovirus *in vivo* (Flexner et Clarke[5]). Chez le singe traité par l'urotropine à hautes doses, la période d'incu-

[1] Landsteiner et Popper, *Zeitschrift f. Immunitätsforschung*, 1909, vol. II, p. 377.

[2] Flexner et Lewis, *Journ. of Americ. Med. Association*, 1909 et 1910.

[3] Levaditi et Landsteiner, *Ann. de l'Institut Pasteur*, n° 11, 1910.

[4] Flexner et Noguchi auraient réussi à le cultiver sur un milieu approprié (liquide d'ascite) ; il se présenterait sous la forme de petits corps globulaires de 0,15 μ à 0,3 μ (*D. Med. Woch.* 1913, p. 1693). Levaditi, qui a cherché à répéter ces expériences, n'a pu obtenir de résultats positifs (*C. A. de la Soc. de Biologie*, 1913, LXXV, p. 203.

[5] Flexner et Clarke. *Journ. of Americ. Med. Association*. 1911.

bation à la suite d'une inoculation intra-cérébrale du médullovirus est prolongée d'une semaine et l'éclosion des paralysies est évitée.

La maladie expérimentale reproduit chez le singe la plupart des traits de la maladie de Heine-Medin chez l'homme. Les premiers symptômes consistent soit en une agitation exagérée, soit en une prostration avec inappétence; la fièvre a été souvent notée, ainsi qu'un tremblement plus ou moins généralisé. Du deuxième au sixième jour de l'inoculation, Müller a constaté dans le sang une leucopénie manifeste; le nombre des globules blancs par millimètre cube tombe de 8000 à 10,000, chiffre normal, à 6000 et même à 4000. Le même auteur a pu constater la diminution des globules blancs chez l'homme. Dans sa forme la plus légère, la maladie expérimentale consiste en paralysies des extrémités inférieures, au début unilatérales, mais qui bientôt envahissent tout le train postérieur. L'animal titube et tombe fréquemment. Suspendu par l'extrémité céphalique, il laisse tomber les membres inférieurs dont la musculature est flasque. La forme ascendante, qui rappelle la maladie de Landry chez l'homme, est la plus commune chez le singe. Elle débute, comme la précédente, par les membres inférieurs, le tronc et la nuque. L'animal est couché, sa respiration est lente et régulière; seule, la musculature de la face fonctionne encore. La mort survient au bout de deux ou trois jours par suite de l'atteinte des centres bulbaires. La mortalité chez le singe est plus grande que chez l'homme, elle est de 9 sur 10.

La forme bulbo-protubérantielle s'observe beaucoup moins souvent. Elle se caractérise par une paralysie des nerfs, le facial et l'oculomoteur commun de préférence, comme dans les célèbres observations de Medin dans les épidémies de Suède. Souvent la maladie passe à l'état chronique, les paralysies persistent et les membres atrophiés peuvent présenter, comme chez l'enfant, des déformations plus ou moins accentuées.

Le médullovirus disparaît rapidement des centres nerveux chez le singe, malgré l'affinité qu'il a pour eux; les émulsions de moëlles provenant de singes, tués au bout de 39 et 45 jours, n'ont plus été virulentes pour des singes neufs.

En général, la disparition du médullovirus coïncide avec le

développement d'un état réfractaire acquis des plus marqués (Levaditi et Landsteiner). Les singes ayant survécu à la poliomyélite supportent sans trouble apparent une inoculation de doses de médullovirus, mortelles pour les témoins. Au cours des deux premiers mois, Flexner et Clarke ont démontré que les principes immunisants existent à la fois dans le sang et dans le liquide céphalo-rachidien, mais qu'ils disparaissent plus tard dans ce dernier. Les anticorps persistent au contraire longtemps dans le sang.

Netter[1] a basé sur ces expériences la sérothérapie de la poliomyélite antérieure chez l'homme.

Il a prouvé d'abord qu'il existe dans le sérum d'anciens malades guéris de leur poliomyélite des principes neutralisants. Une quantité déterminée d'émulsion de moëlle virulente est mise en contact pendant un certain temps et est injectée ensuite sous la dure-mère d'un singe. L'animal reste indemne, tandis qu'un singe témoin qui reçut la même émulsion, mise en contact pendant le même temps avec un sérum sanguin normal, meurt dans les délais réguliers avec les signes de la poliomyélite expérimentale.

Flexner et Lewis injectent le sérum de singes guéris de leur poliomyélite à des singes récemment inoculés et parviennent à empêcher le développement de la poliomyélite à la condition de commencer les injections de 18 à 24 heures au plus tard après l'introduction du virus.

Netter a eu quelques résultats encourageants chez l'homme en employant le sérum de sujets dont la paralysie remontait à plusieurs années (de 4 à 20 ans). Le sérum a été injecté dans le canal rachidien après avoir retiré une quantité correspondante de liquide céphalorachidien. La dose la plus élevée a été de 13 cc., la dose habituelle de 7 cc. Il faut employer ce traitement de bonne heure, avant que les lésions irréparables se soient produites.

Les injections doivent être répétées plusieurs jours consécutifs, sous peine de voir le processus infectieux se rallumer, si l'on interrompt trop vite. Néanmoins l'observation du Dr Vergez

[1] Netter, *Bull. de l'Académie de médecine*, séance du 7 avril 1914.

prouve qu'une injection unique peut déjà donner des résultats précieux.

On voit quel intérêt ont pour la clinique les recherches expérimentales si brillamment inaugurées par Landsteiner et Popper et poursuivies avec tant de profit par Flexner et ses collaborateurs, par Leiner et von Wiesner[1], par Levaditi, par Paul Römer.[2]

La voie avait d'ailleurs été tracée par les mémorables travaux de Pasteur sur le traitement de la rage, dont le virus se fixe aussi sur la moëlle et qui passe à travers les bougies filtrantes, comme celui de la poliomyélite.

[1] Leiner et von Wiesner, *Wien. med. Wochenschr.* 1909, n° 49, et 1910, n° 9.

[2] Römer, *Münch. med. Wochenschr.* 1909, n° 49, et 1910, n° 5.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

décembre 1912, janvier à mai 1913

(HIVER et PRINTEMPS 1913)

OBSERVATIONS DIVERSES

Décembre 1912

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* les 21, 22, 23 et 29 à Lavey ; les 21, 22 et 23 à Savatan.

Neige sur le sol : les 3 et 4 à Savatan ; du 1 au 15 et les 19 et 20 à Dailly ; du 1 au 20 et le 27 à l'Aiguille.

Janvier 1913

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* les 4, 8 et 9 à Savatan ; le 24 à l'Aiguille.

Neige sur le sol : les 22 et 23 à Lavey et Savatan ; les 12, 13 et 14 et du 17 au 29 à Dailly ; du 12 au 29 à l'Aiguille.

Fœhn : le 1 aux quatre stations.

Février 1913

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* le 28 à Savatan ; le 17 à Dailly et à l'Aiguille.

Neige sur le sol : le 28 à Savatan ; du 1 au 5, les 9 et 28 à Dailly ; du 1 au 5, les 9, 10 et 28 à l'Aiguille.

Mars 1913

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* le 23 à Dailly et à l'Aiguille.

Neige sur le sol : les 9, 18 et 19 à Lavey ; les 9, 18, 19 et 24 à Savatan ; les 1, 2, 9, 10, 18, 19, 20, 24 et 25 à Dailly ; les 1, 2, 3, 9, 10, 11, 18, 19, 20, 24, et 25 à l'Aiguille.

Fœhn : du 29 au 31 aux quatre stations.

Avril 1913

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* les 9 et 26 à Dailly ; les 1, 2, 9, 10 et 26 à l'Aiguille.

Neige sur le sol : le 13 à Savatan ; les 1 et 2, du 11 au 16 et le 18 à Dailly ; du 1 au 4, du 11 au 16 et les 18 et 19 à l'Aiguille.

Mai 1913

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* le 14 à Savatan ; les 1, 10 et 18 à Dailly ; les 1, 11 et 18 à l'Aiguille.

Neige sur le sol : les 2, 5 et 6 à Dailly ; du 2 au 7 et le 11 à l'Aiguille.

Fœhn : les 15 et 16 aux quatre stations.

Orages : les 10, 27, 28 et 31.

Remarque sur l'*hygromètre de la station de Dailly :* Durant certaines périodes de la saison d'hiver 1912-1913, les chiffres notés à l'hygromètre de cette station sont, d'une façon continue, exceptionnellement bas par rapport à ceux qui étaient inscrits à Savatan, et cela sans raison apparente. C'est le cas en particulier pour la fin de la première décade et le commencement de la troisième décade de décembre 1912, ainsi que pour la première décade de janvier 1913. Nous ne pouvons nous expliquer ce fait, et nous nous bornons à le signaler ici, n'ayant aucun critère valable pour appliquer des corrections aux lectures faites.

MOIS DE DÉCEMBRE 1912

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	o	o	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	**701.0**	**652.7**	+ 1.2	- 1.3	93	**97**	10	9	10	2.1	....	1.3	....	1.9	1	2.3	3
2	706.0	657.6	0.7	- 1.8	81	87	6	7	7	4.6	**2**	1.0	**4**	6.7	**5**	7.0	**6**
3	711.8	663.3	+ 0.6	- **2.4**	74	88	6	6	7	....	....	8.0	1	0.8	1	1.2	1
4	708.0	663.5	- 0.5	- 1.8	59	44	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
5	708.2	660.5	- **2.1**	+ 1.8	70	13	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
6	708.1	660.2	- 1.9	2.1	78	11	4	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
7	710.2	662.3	- **2.1**	1.9	75	13	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
8	711.3	663.7	- 2.0	3.8	87	10	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
9	711.1	662.9	+ 0.3	3.1	62	**9**	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
10	709.6	661.9	- 0.9	2.4	68	10	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
11	708.5	661.2	- 0.7	3.7	57	12	3	0	2	....	....	....	....	....	....	....	....
12	706.1	658.5	+ 2.3	2.1	65	31	5	3	4	1.4	....	1.0	....	0.3	1	0.6	1
13	712.3	664.7	3.9	0.5	59	51	3	3	6	....	....	....	....	....	....	....	....
14	715.4	665.9	1.8	3.1	43	25	9	7	8	....	....	....	....	0.8	....	1.0	....
15	**715.5**	**668.0**	4.5	4.8	75	73	4	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
16	707.4	660.0	4.7	3.7	80	64	8	7	3	1.0	....	....	....	0.7	....	1.7	....
17	704.3	657.1	2.6	0.4	87	78	7	7	7	4.5	....	4.8	....	4.6	....	5.2	4
18	701.4	654.9	5.0	0.7	**34**	38	5	3	5	1.0	....	1.8	....	0.3	1	2.5	2
19	706.5	659.2	3.7	0.8	71	75	4	3	6	....	....	....	....	....	....	....	....
20	708.1	660.5	+ 2.1	3.5	61	16	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
21	708.6	661.1	- 1.8	4.5	100	15	10	3	1	....	....	....	....	....	....	....	....
22	706.6	659.0	0.0	5.3	90	23	10	7	7	....	....	....	....	....	....	....	....
23	706.1	659.1	+ 0.3	4.6	95	23	9	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
24	711.6	664.5	3.9	3.6	67	40	6	5	9	....	....	....	....	....	....	....	....
25	711.6	665.0	6.9	5.4	45	22	5	5	7	....	....	....	....	....	....	....	....
26	705.0	658.9	6.3	6.7	73	45	7	7	4	6.1	....	10.0	....	7.1	....	4.2	1
27	706.3	659.3	6.2	4.3	100	86	10	10	10	**16.4**	....	**14.0**	....	**15.4**	....	**12.6**	....
28	706.6	660.0	**7.8**	7.5	76	61	3	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
29	707.0	660.2	4.1	**7.7**	84	37	6	3	6	....	....	0.4	....	....	....	....	....
30	713.7	666.2	4.1	1.9	88	60	5	4	5	....	....	....	....	....	....	....	....
31	712.8	664.7	+ 1.5	+ 2.7	45	13	2	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	708.60	661.17	+ 2.02	+2.75	72	41	4.7	3.4	3.9	37.1	2	42.3	5	38.6	9	38.3	18

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1912

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	708.52	707.62	709.47	708.54	660.45	660.84	661.30	660.86
2me » ...	708.53	708.05	709.03	708.54	660.68	660 91	661.42	661.00
3me » ..	708.69	708.42	709.02	708.72	661.42	661.76	661.66	661.61
Mois..	708.59	708.04	709.16	708 60	660.87	661.19	661.46	661.17

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade ..	- 1.26	+ 0.23	- 0.96	- 0.66	- 3.3	+ 0.8
2me » ...	+ 1.55	4.42	+ 2.96	+ 2.98	- 0.4	4.4
3me » ...	2.73	4 45	3.56	3.58	+ 0.5	6.4
Mois..	+ 1.06	+ 3.08	+ 1.91	+ 2.02	- 1.0	+ 3.9
	Dailly					
1re décade ...	- 0.64	+ 2.89	+ 0 12	+ 0.79	- 2 0	+ 3.7
2me » ...	+ 1.21	4.24	1.52	2.32	- 1.0	5 7
3me » ...	3.75	7.22	3.80	4.92	+ 1.6	7.9
Mois..	+ 1.51	+ 4.86	+ 1.88	+ 2.75	- 0.4	+ 5.9

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	74	68	82	75	45	33	37	38
2me » ...	68	58	64	63	48	39	52	46
3me » ...	79	79	77	78	41	32	43	39
Mois...	74	69	74	72	45	34	44	41

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	1.8	3.0	2.7	2 5	1.8	3.0	1.6	2 1	2.0	3.2	2 0	2 4
2me » ...	4.9	5.0	4.0	4.6	4.3	3.7	3 0	3.7	4.8	4.1	4 8	4.6
3me » ...	7.4	6.2	6.3	6.6	4.2	3.7	4.8	4.2	5.3	3.5	4.5	4.5
Mois..	4.8	4.8	4.4	4.7	3.5	3.5	3.2	3.4	4.1	3.6	3.8	3.9

MOIS DE JANVIER 1913

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	o	o	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	708.5	661.8	+ 3.8	+ **4.9**	55	**3**	3	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
2	705.0	658 6	3.3	3.8	56	10	7	6	6	....	....	....	....	....	....	....	....
3	705.3	658.2	2.2	3.2	77	22	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
4	708.6	661.0	1.0	2.9	75	19	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
5	710.7	663.0	**5.5**	2.5	44	23	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
6	**711.2**	**664.0**	3.6	2.0	71	20	4	2	3	....	....	....	....	....	....	....	....
7	709.4	662.7	3.3	3.4	56	21	2	3	1	....	....	....	....	....	....	....	....
8	706.4	659 4	+ 0.3	2.9	81	17	2	4	1	....	....	....	....	....	....	....	....
9	706.2	658.8	− **1.1**	2.0	79	15	3	7	3	....	....	....	....	....	....	....	....
10	702.2	656.2	− 0 4	0 9	85	20	9	9	8	....	....	....	....	....	....	....	....
11	700.4	655.2	+ 2.7	3.0	62	34	8	7	4	9.6	....	7.9	....	0.1	....	2.1	3
12	701.1	653.9	3.0	+ 0.4	67	56	10	7	8	1.1	....	0.8	1	4.2	2	4.5	4
13	702.0	654.8	1.2	− 1.2	79	62	9	6	5	....	....	....	....	0.3	....	0.5	1
14	699.2	652.6	2.9	− **1.8**	**38**	23	6	7	9	....	....	....	....	....	....	....	....
15	698.7	652 3	2.9	+ 0.4	59	27	1	9	10	....	....	....	....	....	....	....	....
16	700.5	653.5	2.3	− 0.3	79	62	10	5	9	8.2	....	6 0	2	6.2	9	7.6	12
17	700.5	653.5	1.4	+ 0.3	97	94	10	9	10	10.0	....	9.1	....	7.4	10	**9.2**	**16**
18	702.3	655.5	1.9	− 0.3	97	82	10	9	10	**10.6**	....	**10.0**	....	6.8	**12**	7.7	15
19	704.6	657.0	2.2	− 0.3	75	52	9	9	7	....	....	....	....	....	....	....	....
20	697.9	651.8	1.5	− 0.8	75	66	10	7	8	2.8	....	1.2	**3**	2.7	1	2 9	2
21	**695.8**	**649.6**	0.6	− 0.8	95	83	10	10	10	8.3	....	7 0	1	**7.8**	8	8.1	9
22	705.5	657.2	+ 1.1	− 1.7	67	46	7	7	7	1.0	**2**	0.9	1	1.3	1	3.3	2
23	707.1	659.3	− 0.1	+ 0.2	100	**95**	10	10	10	3.2	....	2.2	....	2.4	....	3 5	3
24	704 5	657.4	+ 2.9	2 9	75	47	3	3	4	0.1	....	....	....	....	....	....	....
25	704 0	657.1	3.4	4.3	50	31	7	7	7	1.0	....	0.8	....	0.6	....	0.5	....
26	707.1	659.4	5.1	2.8	90	71	10	9	9	0.6	....	2.1	....	1.6	....	1.8	....
27	706.2	658.5	4.7	1.3	85	61	5	7	5	....	....	....	....	....	....	....	....
28	703.5	656.0	2.3	2.6	59	32	6	7	8	....	....	1.2	....	0.2	....	0.3	1
29	702.8	655.4	4.2	2.8	76	78	7	8	5	....	....	....	....	....	....	....	....
30	701.6	654.3	3.1	3.0	98	84	10	10	10	....	....	....	....	....	....	....	....
31	699.5	653.9	+ 4 2	+ 3.7	72	54	10	10	10	1.4	....	1.9	....	2.5	1	3.4	3
Mois	703.81	656.83	+ 2.42	+ 1.58	73	46	6.4	6.2	6.0	57.9	2	51.1	8	44.1	44	55.4	71

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1913

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	707.72	707.04	707.29	707.35	660.84	660.19	660.05	660.36
2me » ...	700.75	700.94	700.46	700.71	654 36	654.11	653.56	654.01
3me » ...	703.12	702.90	704.19	703.40	655.97	656.17	656 44	656.19
Mois..	703.84	703.60	703.99	703.81	657.02	656.81	656.68	656.83

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade ...	+ 1.66	+ 3.34	+ 1.45	+ 2.15	- 0.8	+ 3.7
2me » ...	1.68	2 90	2.04	2.21	- 0.8	3.7
3me » ...	1.32	4.06	3 20	2.86	- 0.3	5.0
Mois..	+ 1.54	+ 3 45	+ 2.26	+ 2.42	- 0.7	+ 4.1
	Dailly					
1re décade ...	+ 1.52	+ 4.70	+ 2.32	+ 2.85	+ 0.6	+ 5.3
2me » ...	- 0.83	0.77	- 0 14	- 0.07	- 2 4	1 8
3me » ...	+ 1.04	2.96	+ 1.78	+ 1.93	- 1.1	4.4
Mois..	+ 0.59	+ 2.82	+ 1.33	+ 1.58	- 1.0	+ 3.9

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	60	60	83	68	18	15	18	17
2me » ...	72	73	74	73	62	58	48	56
3me » ...	84	72	81	79	72	56	58	62
Mois..	72	68	79	73	51	44	42	46

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	3.1	3.1	2.5	3 0	3.2	3.0	3 2	3.1	3.2	2.9	0.6	2.2
2me » ...	7.2	8.4	8.9	8.3	6.3	9.1	7.1	7.5	7 8	8 1	8.3	8.0
3me » ...	8.3	6.7	8.2	7.7	8.3	7.4	8.1	8.0	8.5	7.4	7.1	7.7
Mois..	6.2	6.1	6.6	6.4	6.0	6.5	6.2	6.2	6.6	6.1	5.4	6 0

MOIS DE FÉVRIER 1913

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	o	o	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	703.5	656.3	+ 4.5	+ 0.6	65	62	10	10	8	1.5	....	5.5	....	**8.2**	5	**8.9**	7
2	705.8	656.9	0.5	- 1.3	**98**	72	10	7	7	**26.8**	....	**16.8**	....	7.0	4	8.1	7
3	713.8	666.4	2.1	+ 0.7	84	60	7	7	6	....	....	....	....	....	....	....	....
4	714.9	667.5	4.1	2.1	58	43	2	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
5	708.8	661.4	2.8	3.9	63	25	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
6	708.5	661.5	3 3	3 2	75	36	0	2	0	....	....	....	....	....	....	....	....
7	712.8	665.7	4.1	1.6	46	23	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
8	714.4	666.3	2.7	1.4	53	56	6	5	4	2.0	....	2.0	....	1.3	2	3.2	6
9	**716.8**	**668.4**	2.6	0.9	40	20	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
10	715.8	668.1	2.5	5.1	53	**8**	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
11	715.1	667.4	**4.6**	**5.9**	53	15	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
12	712.8	665.7	4.0	3.2	65	35	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
13	711.2	663.6	2 7	0.9	65	50	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
14	705.1	657.4	+ 2.8	+ 0.4	55	35	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
15	704.0	656.4	- 1.4	- 4.8	74	78	3	3	5	....	....	....	....	....	....	....	....
16	703.8	655.0	- 0.9	- 3.6	78	79	6	6	3	....	....	....	....	....	....	....	....
17	698.1	650.7	- 2.7	- **6.3**	79	78	10	7	8	....	....	....	....	....	....	....	....
18	**697.6**	**650.6**	+ 0.2	- 5 1	**30**	22	4	7	6	....	....	....	....	....	....	....	....
19	699.8	651.6	- **3.3**	- 4.0	80	40	0	3	0	....	....	....	....	....	....	....	....
20	701.2	652.2	- 2.2	- 0.9	73	28	0	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
21	702.1	654.1	+ 0.7	- 0.2	67	42	0	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
22	705.3	656.8	- 2.6	- 3.5	80	72	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
23	708.0	659.5	- 2.2	- 2.7	74	54	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
24	707.2	659.7	+ 1.5	+ 0.4	43	11	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
25	705.5	658.2	2.1	1.2	40	10	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
26	702.7	655.6	3.5	+ 1.9	40	12	4	0	2	....	....	....	....	....	....	....	....
27	699.4	652.6	3.1	- 1.6	60	71	10	9	10	9.0	....	3.0	**5**	4.6	**12**	8.2	**16**
28	702.4	655.0	+ 1.9	- 0.7	92	**97**	9	10	10	4 0	....	4.1	....	4.2	2	4.6	7
Mois	707.02	659.30	+ 1.46	- 0.05	64	44	2 9	3 0	2.9	43.3	....	31.4	5	25.3	25	33.0	43

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1913

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	711.21	711.36	711.96	711.51	663.81	663.74	663.96	663.84
2me » ...	705 29	704.57	704.75	704 87	657 46	657.05	656.65	657.05
3me » ...	704.12	703.76	704.37	704.08	656.33	656.36	656.64	656 43
Mois..	707.07	706.76	707.22	707.02	659.40	659.24	659.26	659.30

Température

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade ...	+ 1.64	+ 4.29	+ 2.82	+ 2.92	- 0.1	+ 5.4
2me » ...	- 1.35	1.64	0.88	0.39	- 3.1	2.8
3me » ...	- 1.38	3.15	1.17	0.98	- 3 1	3.8
Mois..	- 0.29	+ 3.02	+ 1 65	+ 1.46	- 2.0	+ 4.0
	Dailly					
1re décade ...	+ 0.45	+ 3.70	+ 1.30	+ 1.82	- 1.4	+ 5.1
2me » ...	- 2.77	0 51	- 2.05	- 1.44	- 4.2	1 8
3me » ...	- 2.31	1.85	- 1 53	- 0.66	- 3.7	3.0
Mois..	- 1.49	+ 2.03	- 0.70	- 0.05	- 3.0	+ 3.3

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	62	60	68	63	43	36	43	41
2me » ...	73	61	61	65	49	43	46	46
3me » ...	68	58	60	62	45	41	52	46
Mois..	67	60	64	64	46	40	47	44

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	4.5	4.0	2 0	3.5	3.6	4.4	1.8	3.4	3.1	4.1	1.2	2.8
2me » ...	2.6	2.4	2.0	2.3	1.7	3.9	3.4	2.9	3.4	3 5	1.1	2.7
3me » ..	2.5	2.4	3.8	2.9	3.2	2.4	2.2	2.7	3.9	2.5	3.2	3.2
Mois..	3.2	3.0	2 5	2.9	2.8	3.6	2.5	3.0	3.4	3.4	1.8	2.9

MOIS DE MARS 1913

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	o	o	%	%				mm.	cm.	mm.	cm	mm.	cm.	mm.	cm.
1	705.9	658.8	+ 1.6	- 1.5	75	81	6	5	6	....	....	....	....	....	....	....	....
2	708.9	661.6	0.2	- 1.2	72	51	1	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
3	712.4	664.0	2.9	+ 0 6	47	22	1	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
4	711.7	664.8	5.9	3.2	47	26	4	5	5	....	....	....	....	....	....	....	....
5	713.7	666.2	4 6	5.0	56	35	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
6	713.7	666 4	6.1	6.0	54	28	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
7	710.4	663.4	8.5	7.2	46	21	2	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
8	708.6	661.1	+ 3.9	+ 2.9	76	59	10	9	9	14.5	2	13.8	11	**28.1**	15	**26.4**	18
9	715.9	667.1	**- 0.7**	**- 3.8**	72	90	4	4	5	....	....	....	....	....	....	....	....
10	**716.6**	**668.0**	+ 3.2	+ 0.7	44	28	4	4	3	....	....	....	....	....	....	....	....
11	712.5	666.4	7.3	7.9	45	15	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
12	709.4	664 0	9.1	7.6	53	17	1	5	3	....	....	....	....	....	....	....	....
13	708.0	660.9	8 7	8 6	58	11	1	7	6	....	....	....	....	....	....	....	....
14	708.2	662.6	9.7	7.2	53	21	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
15	711.4	664.3	8.5	4.5	57	45	9	9	9	....	....	....	....	....	....	....	....
16	708.1	661.4	8.8	6.1	52	28	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
17	698.7	652.6	+10.4	+ 6.5	33	15	3	7	6	**30.0**	**7**	**28.2**	**26**	25.8	**22**	19.6	**32**
18	**696.5**	**649.0**	- 0.2	- 3.5	94	99	7	7	10	1.7	....	2.0	...	0.4	1	3.2	5
19	697.2	650.2	+ 4.1	+ 1.7	43	24	4	7	7	....	....	....	....	1.7	....	1.6	....
20	701.4	655.6	7 5	7.2	82	52	10	10	10	1.9	....	2.4	....	4.1	....	3.3	....
21	703.5	656.5	8.2	4.4	83	92	10	10	10	5.8	....	6.8	....	9 4	...	7.9	....
22	700.2	654.5	12.1	8.8	61	29	5	3	6	....	....	....	....	0.9	....	0.5	....
23	698 5	653.0	4.9	1.1	91	100	10	10	10	23.3	....	22.5	6	27.7	12	22.1	20
24	702 3	655.4	2.3	0.1	**95**	100	10	10	10	1.9	....	2.0	....	2 1	1	3.5	2
25	705.5	658.0	5.3	2.5	79	66	7	9	7	....	....	....	....	0.2	....	0.3	....
26	700.0	652.5	8.5	5.9	56	27	10	8	7	1 3	....	2.1	....	1.9	....	1.6	....
27	700.4	653.6	6.9	4.1	66	50	7	4	5	....	....	....	....	....	....	....	....
28	697 6	651 6	9.9	6 3	35	19	7	5	2	....	....	....	....	....	....	....	....
29	698.6	653.6	14 3	9.2	27	14	10	8	8	....	....	....	....	....	....	....	....
30	699.3	654.2	**16.5**	**10.3**	**18**	**4**	5	6	8	....	....	....	....	....	....	....	....
31	699.3	654.1	+ 14.7	+ 8.3	42	37	8	8	10	27.0	....	25.8	....	26.6	6	25.7	10
Mois	705.63	658 89	+ 6.90	+ 4.33	58	42	5.0	5 2	5.3	107.4	9	105.6	43	128.9	57	115.7	87

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1913

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	711.67	711.51	712.20	711.79	663 92	663.91	664.61	664.14
2me » ...	705.83	704.73	704.84	705.13	659 21	658.60	658.29	658.70
3me » ...	700.23	700.50	700.67	700.47	654.38	654.28	654.19	654.28
Mois..	705.73	705.42	705.73	705.63	659.01	658.78	658.87	658.89

Température

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade ...	+ 1.34	+ 6 57	+ 2.94	+ 3.62	- 1.2	+ 7.6
2me » ...	4.04	10.30	7.82	7.39	+ 2.9	10.9
3me » ...	8.05	11.49	8.73	9.42	5.6	12.8
Mois..	4.59	9.52	6.57	6.90	2.6	10.5
	Dailly					
1re décade ...	- 0.15	+ 4.77	+ 1.13	+ 1.92	- 2 0	+ 6.3
2me » ...	+ 2.81	7.74	5.62	5 39	+ 1.2	9.4
3me » ...	4.39	7.44	4.84	5.55	2 5	8.9
Mois..	2.41	6.67	3.89	4.33	0.6	8.2

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	64	52	61	59	49	37	46	44
2me » ...	62	53	57	57	34	26	37	33
3me » ...	61	53	64	59	53	43	50	49
Mois..	62	52	61	58	46	36	45	42

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	5.0	2.8	1.8	3.2	4.4	3 2	1.0	2.8	4.7	2.9	1.2	2.9
2me » ...	3.2	3.6	4.1	3.5	4.4	6.0	4.8	5.2	3.6	5.8	6.3	5 2
3me » ...	9.1	7.3	7.8	8.1	9.1	6.8	6.3	7.4	9.0	6.9	6.5	7.5
Mois..	5.9	4.6	4.7	5.0	6.1	5.4	4.1	5.2	5 9	5.3	4.7	5.3

MOIS D'AVRIL 1913

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	o	o	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	704.7	657.0	+ 4.3	+ 1.4	90	69	9	7	8	10.6	...	12 0	....	13.2	9	13.9	11
2	**706.1**	657.3	3.7	- 1.1	74	83	10	10	9	....	....	....	...	0.1	....	0.7	2
3	699.7	652 1	5.6	+ 2.7	60	43	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
4	694 7	650.1	10.5	5.7	**38**	38	5	6	2	....	....	...	....	....	....	....	....
5	**692.7**	647.9	9.6	5.2	46	39	3	5	4	...	...	....	...	....	....	....	....
6	694.3	647.7	7.8	4.8	61	23	4	2	6	....	....	...	....	...	....	....	...
7	692.9	646.7	6.6	3.5	70	65	8	8	8	....	....	...	....	0.6	....	0.7	....
8	695.9	648.6	6.9	+ 2.3	75	86	6	6	8	0.5	....	0.8	...	1.2	....	1.4	....
9	698.9	651.5	3.7	- 0.7	83	**97**	10	10	10	....	....	...	....	0.9	....	0.6	....
10	701.9	655.2	4.3	+ 0.8	69	65	8	7	7	2.5	....	2.0	....	1.8	2	2.9	4
11	700.9	653.6	4.0	+ 0.9	76	52	9	5	10	3.0	....	5.2	...	4.6	2	5.1	3
12	692.9	**645.4**	+ 0.9	- 2.3	**94**	86	10	10	10	11.0	....	14.2	**2**	**16.4**	**11**	**17.1**	**12**
13	700.5	651 4	**- 3.9**	**- 8.3**	62	78	2	3	3	1.0	....	1.6	....	0.8	1	1.6	3
14	703.8	655.7	- 1.6	- 5.8	46	34	0	1	1	....	....	....	...	....	....	....	....
15	703.5	656 1	+ 1.5	- 2.1	43	28	0	0	0	...	....	....	....	....	...	....	..
16	702.2	655.8	5.9	+ 4.3	39	24	4	3	3	....	....	....	....	0.1	....	0 2	....
17	700.0	654.6	7.3	3.9	81	53	10	10	10	**13.4**	....	**14.4**	...	14.9	2	13.9	4
18	704.7	657.5	5.9	2.4	70	56	6	7	8	....	....	....	....	3.7	....	3.2	1
19	703.3	657.1	7.2	3.6	68	59	10	10	10	4.3	....	5.8	....	7.9	....	6.5	....
20	704.7	658.1	8.9	7.4	86	52	8	9	8	...	...	....	....	0.3	....	0.2	....
21	704.5	658.6	11.7	8.2	55	50	8	7	7	....	....	....	...	....	....	...	....
22	704.0	658.9	12.7	9.0	79	58	8	5	9	....	....	....	....	0.7	....	0.6	....
23	701.9	656.4	10.7	8.0	85	84	10	10	9	....	....	....	....	....	....	....	....
24	699.6	654.2	12.1	8.5	67	71	9	5	6	....	....	....	....	...	....	....	....
25	699.3	654.0	10.6	7.4	77	75	10	10	10	....	....	....	....	...	....	....	....
26	698.9	654.1	12.1	10.2	76	50	9	8	8	....	....	....	....	...	....	....	....
27	698.5	653.7	14.7	11.8	57	29	2	7	5	....	....	....	....	...	....	...	....
28	704.0	658.3	14.7	10.9	48	35	1	3	3	....	....	....	....	...	....	....	....
29	704.8	**659.5**	**16.1**	12.1	50	36	0	0	1	....	....	....	....	....	....	...	....
30	701.9	657.0	+14.9	**+13.4**	54	**17**	1	1	2	....	...	....	....	....	....	....	...
Mois	700.53	654.14	+ 7.64	+ 4.26	66	55	6.0	5.8	6.2	46.3	....	56.0	2	67.2	27	68.6	40

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1913

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	698.50	697.76	698.29	698.18	651.81	651.07	651.37	651.42
2me » ...	701.61	700.98	702 34	701.64	654.21	654.42	654.97	654.53
3me » ...	702.14	701.49	701.64	701.75	656.68	656.33	656.39	656 47
Mois..	700.75	700.07	700.76	700 53	654.24	653.94	654.24	654.14

Température

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade ...	+ 3.88	+ 8.79	+ 6.26	+ 6.31	+ 2.1	+10.4
2me » ...	1.30	5.92	3.56	3.59	- 1.0	7.3
3me » ...	10.34	16.01	12.70	13.02	+ 8.6	17.8
Mois..	5.17	10.24	7.51	7.64	3.2	11.8
	Dailly					
1re décade ...	+ 0.59	+ 4.61	+ 2.17	+ 2.46	- 0.5	+ 6.1
2me » ...	- 1.26	2.39	0.06	0.40	- 3.8	3.8
3me » ...	+ 7.84	12.50	9.47	9.94	+ 6.9	13.7
Mois..	2.39	6.50	3.90	4.26	0.9	7.9

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	80	57	63	66	77	50	55	61
2me » ...	72	58	69	67	58	43	56	52
3me » ...	76	52	66	65	63	42	46	51
Mois ..	76	56	66	66	66	45	52	55

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	6.3	6.0	6.3	6.2	6.2	6.3	6.0	6 1	6.3	5.7	6.6	6.2
2me » ...	6.4	5.6	6.0	5.9	6.0	6 9	4.6	5.8	5.9	7.2	6.1	6.4
3me » ...	7.0	5.6	5.1	5.8	6.4	6.0	4.3	5.6	6.7	6.0	5.1	6.0
Mois..	6.6	5.7	5.8	6.0	6.2	6.4	5.0	5.8	6.3	6.3	5.9	6.2

MOIS DE MAI 1913

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromét. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm	o	o	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	700 7	655.7	+ 8.0	+ 3 9	86	93	10	7	10	13.5	....	14.8	....	16.9	**6**	**17.2**	**8**
2	702.0	655.6	6.1	2.0	76	**95**	6	7	10	....	..	....	....	. .	....	....	....
3	698.3	652.6	7 9	3.9	68	74	7	6	7	0.1	....	....	.. .	. ..	....	...	....
4	695.0	649.2	4.6	3.4	84	60	6	7	7	11.5	....	12.2	....	11.6	3	12.1	5
5	**692.6**	**647.3**	5.2	**1.0**	73	67	6	6	9	0.6	..	0.6	....	0.9	1	1.9	2
6	696.4	649.0	**4.4**	1.6	**87**	88	7	10	10	2.6	....	4.2	....	2.2	....	1.3	1
7	698.6	651.0	7.6	5.2	65	42	4	4	5	....	....	.. .	.. .	....	....	....	....
8	698.7	652.2	9.7	9.1	59	**19**	3	4	4	....	....	....	.. .	....	...	....	....
9	698.5	653.1	14.9	11.9	45	20	0	0	2	....	....	....	....	....	....	....	....
10	700.1	654.5	11.9	9.3	74	61	3	3	4	**21.4**	....	**22.0**	....	**17.4**	....	14.2	2
11	704.6	658.1	7.6	3.9	74	63	4	8	10	0.4	....	0.5	....	0 5	....	0.6	...
12	704.6	657.9	10.7	7.2	59	46	0	1	1	....	....	....	....	....	. ..	....	....
13	703.2	657.9	12 1	9.0	66	56	4	5	6	....	....	....	....	....	...	....	....
14	702.8	658.2	12.7	9.6	69	51	10	10	8	....	....	....	....	.. .	....	....	...
15	701.8	656.6	14.7	11 0	51	33	5	9	8	....	....	....	....	....	. ..	. ..	....
16	696.5	652.6	17.8	12.0	56	27	8	7	10	....	....	....	....	....	....	...	....
17	697.9	652.7	12.0	9.1	74	54	6	9	8	2.6	....	2.9	....	3.1	....	3,0	....
18	700.6	654.4	10.1	5.8	84	91	10	9	9	1.3	....	2.0	....	1.9	. .	2.1	....
19	704.2	657.7	7.5	3.7	71	56	8	10	10	0.5	....	1 0	....	0.4	....	0.5	...
20	707.6	660.9	9·7	6.1	**45**	23	0	1	1	....	....	...	....	....	....	...	....
21	707.4	661.4	11.7	9.3	49	26	0	0	1	....	....	.. ..	....	....	.. .	....	....
22	708.2	661.7	11.2	8.2	60	53	7	5	7	2.8	....	3.0	....	2.6	....	2.4	.. .
23	709.7	663.8	12.8	8.2	58	46	3	6	5	....	....	....	....	0.2	...	0.2	....
24	708.9	663.7	15.7	11.0	58	52	4	3	3	. ..	....	....	....	....	.. .	....	...
25	709.7	662.5	15.7	12.9	64	39	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
26	**710.6**	**665.7**	18.0	15.6	64	36	0	1	1	1.7	....	1 2	...	0.1	. ..	0.1	....
27	710.0	665.3	18.1	15.0	67	25	6	6	6	6.4	....	6.0	....	5.2	...	5.1	....
28	708.2	663.7	16.5	13.5	70	48	6	5	6	0.5	...	1.1	....	0.3	. ..	0.3	.. .
29	705.8	661.6	18.7	**17.0**	49	23	0	1	1	....	...	....	...	....	.. .	....	....
30	704.5	660.0	19.3	15.5	52	26	7	6	4	....	....	....	....	....	....	....	...
31	702.9	658.9	**+19.5**	+14.2	50	38	3	0	2	1.5	....	0 5	....	0.6	....	0.5	....
Mois	702.93	657.27	+12.02	+ 8.68	65	49	4.7	5.0	5.6	67.4	....	72.0	....	63.9	10	61.5	18

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1913

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	697.98	697 73	698.61	698.11	651.93	751.79	652.29	652 00
2me » ...	702.40	702.04	702 67	702.37	656.64	656 61	656.84	656.70
3me » ...	707.99	707.57	707.88	707.81	662.76	662.41	662.55	662.57
Mois..	702.94	702.61	703.21	702.93	657.30	657.11	657.40	657.27

Température

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade ...	+ 6.68	+ 9 96	+ 7.46	+ 8.03	+ 3 5	+13.2
2me » ...	8.64	14.16	11.72	11.51	7.2	16.2
3me » ...	12.73	19.29	16.31	16 11	11 6	21.7
Mois..	9 46	14.63	11.97	12.02	7.6	17.2
	Dailly					
1re décade ...	+ 4.08	+ 7.06	+ 4.25	+ 5.13	+ 1.4	+ 8.8
2me » ...	6.06	9.97	7.19	7.74	4 3	11 5
3me » ...	10 65	15.24	12.41	12.77	8.8	17.2
Mois..	7.05	10.90	8.09	8.68	4.9	12.6

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	83	66	67	72	68	59	60	62
2me » ...	78	58	59	65	61	38	51	50
3me » ...	67	51	56	58	44	33	36	38
Mois..	76	58	60	65	57	43	48	49

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	6.1	6.4	3.6	5.4	6.3	6 0	4.0	5.4	7.7	6.9	5.6	6.7
2me » ...	6.2	5.2	5.1	5 5	6.6	6.9	6.9	6.8	6.1	8.0	7.1	7.1
3me » ...	2 4	4.6	2.7	3.3	2.0	3.9	3.1	3 0	3 0	4.3	2.7	3.3
Mois..	4.8	5.4	3.8	4.7	4.9	5.6	4.6	5.0	5.5	6.3	5.1	5.6

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 13 novembre 1913

A. Pictet et M. Bouvier. Distillation de la houille dans le vide.
E. Briner. Sur le rôle des atomes dans la vitesse de réaction.

M. le prof. Amé Pictet rend compte des recherches qu'il a faites avec M. Maurice Bouvier sur les *produits de la distillation de la houille sous pression très réduite*. Une cinquantaine de kg. de houille de Montrambert (Loire) ont été chauffés par portions de 5 kg. et jusqu'à la température de 450°, dans une cornue en fer où était maintenu un vide de 15 à 18^{mm}. Il distille dans ces conditions un mélange d'*eau* (1,5 % du poids de la houille) et de *goudron* (4 %), et il reste un *coke*, beaucoup plus poreux et plus facilement combustible que le coke ordinaire.

L'eau est *acide* au tournesol et ne contient pas d'ammoniaque.

Quant au goudron, il est fort différent du goudron de houille ordinaire. Il est plus léger que l'eau et possède l'odeur du pétrole. Il ne renferme ni phénols, ni hydrocarbures aromatiques. Il paraît formé principalement de carbures de la série *hydro-aromatique*, mélangés à une assez forte proportion de substances basiques, dans lesquelles les bases secondaires semblent prédominer. On peut aussi, par un traitement au sodium, en retirer une petite quantité de composés oxygénés, qui présentent des caractères d'*alcools*.

Prenant naissance à partir de la houille à une température relativement basse, ce *goudron du vide* pouvait être regardé comme un produit intermédiaire dans la formation du goudron ordinaire. Afin de vérifier cette supposition, les auteurs en ont distillé une centaine de grammes à travers un tube de fer rempli de fragments de coke et chauffé au rouge vif, se plaçant ainsi

dans des conditions aussi semblables que possible à celles qui règnent dans les cornues à gaz. Ils ont obtenu, comme produits de cette seconde distillation :

1. Une grande quantité (15 à 20 litres) de gaz, formés principalement d'hydrogène et de méthane, avec un peu d'éthylène, mais point d'acétylène.

2. Des eaux fortement chargées d'ammoniaque.

3. Un goudron très analogue au goudron ordinaire et contenant comme lui des phénols, des bases pyridiques tertiaires et des hydrocarbures aromatiques (benzène, naphtaline, anthracène).

Cette expérience montre que le gaz d'éclairage, l'ammoniaque, les phénols et les hydrocarbures du goudron ordinaire (ou du moins la plus grande partie de ces corps) ne sont point des produits immédiats de la décomposition pyrogénée de la houille, mais que cette décomposition a lieu en deux phases successives, se passant à des températures différentes. Vers 500° environ, la houille laisse dégager des composés volatils très hydrogénés, que l'on peut recueillir tels quels si l'on opère sous une pression très réduite et dont le mélange constitue le goudron du vide. Ce n'est qu'à une température beaucoup plus élevée que, dans les conditions ordinaires, ces composés subissent une seconde décomposition, qui donne naissance aux produits habituels de la distillation de la houille à la pression atmosphérique. Cette explication est, on le voit, en contradiction avec l'hypothèse de Berthelot et de Richard Meyer sur le mécanisme de la formation des hydrocarbures du goudron.

Mais le goudron du vide présente encore de l'intérêt à un autre point de vue, celui de sa ressemblance avec le *pétrole*. MM. Pictet et Bouvier en ont retiré, par un traitement à l'acide sulfurique concentré, tous les *hydrocarbures saturés*, et ils ont soumis ceux-ci à une série de distillations fractionnées. Ils ont examiné spécialement deux des fractions, qui leur ont paru être parmi les plus importantes et présenter les caractères d'homogénéité voulus. Ils en ont fixé comme suit la composition et les principales constantes physiques :

Formule	Point d'ébull.	Densité	Indice de réfraction
$C_{10}H_{20}$	172—174°	0,7765 à 23°	1,4196
$C_{11}H_{22}$	189—191°	0,7838 à 22°	1,4234

Ces deux hydrocarbures, étant saturés, ne peuvent avoir qu'une structure cyclique et être, en conséquence, que chimiquement très voisins des *naphtènes* qui constituent certains pétroles. Ils ne

sont cependant pas identiques au décanaphtène et à l'endécanaphtène du pétrole de Bakou. En revanche, si l'on compare leurs propriétés à celles des fractions correspondantes du pétrole du Canada, étudié par M. Mabery, on trouve une concordance si complète, qu'on est en droit d'en conclure à l'identité :

Formule	Point d'ébull.	Densité	Indice de réfraction
$C_{10}H_{20}$	173—174°	0,7770 à 20°	1,4149
$C_{11}H_{22}$	189—191°	0,7832 à 20°	1,4231

On se trouve donc en présence de ce fait remarquable et inattendu, que la distillation de certaines houilles à basse température donne naissance à des substances qui font en même temps partie intégrante de certains pétroles. C'est la première fois que l'on constate expérimentalement une relation chimique de ce genre entre ces deux importants produits naturels. En peut-on tirer quelque conséquence relativement à leur origine respective ? C'est là une question qui ne pourrait se poser que si de nouvelles expériences venaient confirmer la relation observée aujourd'hui.

L'hydrocarbure $C_{10}H_{20}$ du goudron du vide fournit, par l'action du brome et de l'acide nitrique, les dérivés dibromé et dinitré du *durène* (tétraméthylbenzène 1 . 2 . 4 . 5) ; il constitue donc l'hexahydrure de cet hydrocarbure. Quant à l'hydrocarbure $C_{11}H_{22}$, c'est très probablement l'hexahydrure du *pentaméthylbenzène*.

M. E. Briner présente quelques considérations sur *le rôle des atomes dans la vitesse de réaction*. Les atomes jouent un rôle important, non seulement dans l'équilibre des systèmes homogènes gazeux, mais encore lors de la progression de ces systèmes vers leur équilibre. Dans cette progression, le rôle des atomes doit commencer bien au-dessous des températures auxquelles leur concentration est nettement mesurable.

Pour concevoir le mécanisme de la libération des atomes à toutes les températures, il suffit de faire appel aux théories cinétiques des gaz et de la dissociation.

Ces considérations permettent d'interpréter toute une série de phénomènes chimiques dans le domaine de la catalyse et des faux équilibres ; elles fournissent, en outre, une base théorique pour l'établissement d'une relation entre la vitesse de réaction et la température.

Séance du 11 décembre

F. Reverdin et K. Widmer. Nitration des dérivés acylés du m-aminophénol et de la m-anisidine. — J. Timmermans. La solubilité mutuelle des liquides à haute pression. — L. Reutter. Nature des masses résineuses utilisées pour l'embaumement par les anciens Egyptiens et Carthaginois.

M. Frédéric Reverdin a étudié, en collaboration avec M. Karl Widmer, la *nitration des diacétyl-, dibenzoyl- et ditoluène-sulfonyl-m-aminophénols*. Cette opération a fourni les dérivés mononitrés en 4 et en 6, et les dérivés dinitrés en 4.6. Les auteurs ont en outre préparé, par nitration de l'acétyl-m-anisidine et saponification du produit, les quatre *mononitro-m-anisidines* théoriquement possibles, dont deux seulement avaient été précédemment obtenues par des méthodes indirectes (Meldola et Bantlin). Les deux dérivés nouveaux, la *mononitro-6-* et la *mononitro-2-m-anisidine* sont, le premier en aiguilles jaunes, fusibles à 169°, et le second en aiguilles jaune citron, fusibles à 143°.

Parmi les dérivés dinitrés, un seul, la *dinitro-4.6-m-anisidine*, avait été préparé jusqu'ici par nitration directe (Meldola). Les auteurs l'ont obtenu également, ainsi que la *dinitro-2.4-m-anisidine* (déjà préparée par Blanksma en faisant réagir l'ammoniaque sur le trinitro-2.3.4-anisol) et la *dinitro-2.6-m-anisidine*, qui cristallise en aiguilles jaune foncé, fusibles à 146°. Ils n'ont pu jusqu'ici obtenir aucun dérivé trinitré du m-aminophénol ou de la m-anisidine, mais continueront leurs recherches à ce sujet.

MM. Reverdin et Widmer ont, en outre, soumis à une étude comparative, au point de vue de leurs propriétés tinctoriales, les colorants azoïques préparés à l'aide des nitro-anisidines et ceux qui dérivent des nitro-anilines renfermant les groupes *nitro* dans les mêmes positions. Il résulte de leurs observations que, chez les colorants orangés et rouges, le groupe méthoxyle paraît diriger la nuance du côté du rouge ou du violet, et que les colorants obtenus avec la nitro-4-m-anisidine sont en général de nuance plus vive et plus pure que ceux qui ont été préparés avec la nitro-5-m-anisidine. Les colorants azoïques dérivés de la nitro-5-m-anisidine (en employant comme copulants l'acide naphtionique, le sulfonaphtol 1.4 et le sel R) sont assez solides à la lumière pour qu'une exposition de deux mois à la lumière du jour n'amène pas de changement sensible dans leur nuance.

M. Jean Timmermans parle de la *solubilité mutuelle des liquides à haute pression*. L'influence de la température et de la pres-

sion sur la solubilité mutuelle permet de classer en quatre groupes fondamentaux les liquides qui ne sont pas miscibles en toutes proportions :

1. Sous la tension de vapeur saturée, les trois phases (deux liquides L_1 et L_2 et une vapeur V_1) existent dès les températures les plus basses ; lorsque la température s'élève, les deux phases liquides restent distinctes et l'une d'elles finit par s'identifier à la phase V_1, en atteignant sa température critique de vaporisation ; il ne reste plus que le système bivariant L_2 + fluide comprimé ; exemple : eau + éther.

2. Les phénomènes sont les mêmes à chaud, mais par refroidissement les deux liquides deviennent identiques en atteignant leur température critique de dissolution inférieure, au-dessous de laquelle un liquide homogène est en équilibre avec la vapeur saturée ; par compression, la vapeur se condense et la solubilité mutuelle des deux phases liquides croit ; la température critique de dissolution inférieure se relève donc ; exemple : eau + triéthylamine.

3. Les trois phases existent dès les températures les plus basses, mais, à chaud, les deux phases liquides deviennent identiques, étant portées à leur température critique de dissolution supérieure ; par compression, la solubilité mutuelle commence par croître, puis se met à décroître lentement ; la température critique de dissolution supérieure s'abaisse donc, passe par un minimum, puis se relève lentement ; exemple : décane + nitrobenzène.

4. Les trois phases n'existent qu'à une température moyenne ; à chaud et à froid, les deux phases liquides deviennent identiques et la courbe de solubilité mutuelle est fermée sur elle-même ; si l'on élève la pression, la solubilité mutuelle augmente, la courbe de saturation se rétrécit, les températures critiques de dissolution supérieure et inférieure se rapprochent et finissent par coïncider à une pression au-delà de laquelle le système est homogène à toute température ; exemple : eau + méthyléthylcétone.

Les expériences de l'auteur, poussées jusqu'à des pressions de 5000 atmosphères, vérifient la théorie de van der Waals ; elles ont été faites au laboratoire de thermodynamique de l'Université d'Amsterdam, en collaboration avec M. le prof. Kohnstamm.

M. L. Reutter décrit la méthode qu'il a élaborée pour déterminer la *nature des masses résineuses utilisées dans l'art de l'embaumement* par les anciens Egyptiens et Carthaginois (2000-800 avant J.-C.). Après avoir déterminé les points de fusion et les indices d'acidité et de saponification de ces masses, il les distille à la vapeur d'eau, puis il fixe le pouvoir rotatoire et le point d'ébul-

lition de l'essence ainsi obtenue, ainsi que sa teneur en menthol, thymol, etc. L'eau surnageant le résidu résineux non volatil est aussi analysée ; on y recherche les sulfate, carbonate et chlorure de sodium, les tartrates, sucres, mucilage, tannin, tannoïdes, aloës. Le résidu lui-même est soumis aux réactions spécifiques de chaque résine, puis repris successivement par l'éther, l'alcool et le chloroforme ; on détermine par des réactions appropriées les substances que renferme chacune de ces solutions. Enfin, on examine au microscope les parties insolubles, qui sont formées de subtances végétales, animales ou minérales.

L'auteur a décelé par cette méthode les parties constituantes d'un grand nombre de résines employées pour l'embaumement. Parmi toutes ses observations, la plus complète concerne la résine entourant le corps embaumé de l'amiral Heckan M'Saf, et dans laquelle il a trouvé les substances suivantes : mastic, résine de Pinus halepensis, styrax, asphalte, résine de cèdre, débris végétaux provenant de Conifères et du Juniperus Oxycedrus, vin, natron, pierres et perles.

Séance du 12 février 1914

A. Pictet et S. Chahnazarian. Décomposition pyrogénée du pétrole. — A. Brun. L'acide sulfureux au Kilauea. — A. Orechoff. Nouvelle synthèse de dérivés de l'indène. — P. Wenger et L. Heinen. Electroréduction du phosphate disodique en solution acide.

M. le prof. A. Pictet a étudié, avec M. S. Chahnazarian, les produits de la *décomposition pyrogénée du pétrole de Bakou*. Les résultats détaillés de ces recherches feront l'objet d'une publication ultérieure.

M. A. Brun parle du rôle que joue l'*anhydride sulfureux au volcan du Kilauea*. En 1910, l'exhalaison de ce volcan déshydratait l'atmosphère ; cela montre que l'anhydride sulfureux n'était pas accompagné de vapeur d'eau à sa sortie de la lave en fusion. Ce résultat ne saurait être contredit par une expérience qui fournirait une exhalaison aqueuse, car, dans ce dernier cas, on observe que l'atmosphère voit sa teneur en vapeur d'eau augmenter. Les deux phénomènes sont donc de nature différente et géologiquement séparés.

M. A. Orechoff fait connaître une *nouvelle synthèse de dérivés de l'indène*. Lorsqu'on fait agir le chlorure d'acétyle sur les

deux désoxybenzoïne-pinacones stéréo-isomériques

$$C_6H_5-CH_2>\overset{C_6H_5}{}\underset{OH}{C}-\underset{OH}{C}<\overset{CH_2-C_6H_5}{C_6H_5}$$

il se forme, à côté d'autres produits, le 1.2.3.4-*tétraphényl-butadiène*

$$C_6H_5-CH\overset{C_6H_5}{}\geqslant C-C\leqslant\overset{CH-C_6H_5}{C_6H_5}$$

Ce composé ne fixe que deux atomes de brome; lorsqu'on chauffe avec de l'acide acétique glacial le dibromure ainsi obtenu, il perd deux molécules d'acide bromhydrique et se convertit en *1-benzal-2.3-diphénylindène :*

De même, le dibromure du *1.2.3-triphénylpropène* se transforme en *2.3-diphénylindène :*

Ce diphénylindène donne avec l'aldéhyde benzoïque un produit de condensation qui est identique au 1-benzal-2.3-diphénylindène précédent.

M. Paul Wenger communique les résultats des recherches qu'il a faites avec M. L. Heinen sur l'*électroréduction du phosphate disodique en solution acide.* Ce travail forme la suite d'une série d'essais relatifs à l'action du courant alternatif sur les sels au degré le plus élevé d'oxydation. Les auteurs ont cherché à transformer par le courant alternatif le phosphate disodique dans les composés moins oxygénés $Na_2HPO_3 + 5H_2O$ et $NaH_2PO_2 + H_2O$. Ils ont fait varier les divers facteurs entrant en ligne de compte : force du courant, nombre des périodes, durée de l'action, température, matière des électrodes. En effet, le résultat

dépend de tous ces facteurs et on doit les prendre tous en considération pour établir les meilleures conditions de l'expérience.

Pour chaque essai, il a été fait simultanément trois expériences :

1. avec des électrodes rotatives ;
2. avec des électrodes fixes ;
3. sans courant, afin de se convaincre que la réduction n'a pas lieu par une simple réaction de la matière des électrodes sur la solution employée.

On a obtenu les résultats suivants :

1. Le produit de la réduction est constitué entièrement par le phosphite de soude, $Na_2HPO_3 + 5H_2O$;
2. On obtient une meilleure réduction avec des électrodes rotatives.

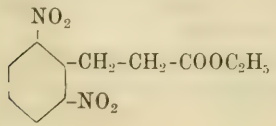
A titre d'exemple, M. Wenger cite les chiffres suivants, obtenus dans les conditions les meilleures, soit : électrodes en cuivre, température de 18°, solution à 1 %, 2,28 ampères, 110 volts et 47 périodes :

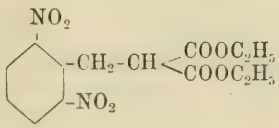
1	heure	21,75 %
2	heures	37,28
3	»	51,83
4	»	62,41
5	»	71,01
6	»	75,30
7	»	77,60
8	»	79,01

Séance du 12 mars

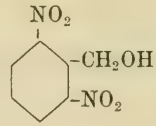
S. Reich et A. Ioannissian. Essais dans le groupe de l'isindazol. — M. Wunder et V. Thüringer. Analyse des minerais platinifères. — A. Kuhne. Formation de l'ozone par la lumière ultra-violette.

Après avoir observé que la phénylhydrazone de l'aldéhyde 2.6-dinitrobenzoïque se transforme en phényl-nitro-isindazol sous l'action des alcalis, M. S. Reich a entrepris, avec M. A. Ioannissian, une étude méthodique de cette réaction. Par condensation du bromure de 2.6-dinitrobenzyle avec le malonate d'éthyle, il a obtenu le 2.6-dinitrophénylpropionate d'éthyle et le 2.6-dinitrobenzylmalonate d'éthyle :





Lorsqu'on traite ce dernier composé par la potasse ou par l'éthylate de sodium, dans le but d'opérer une cyclisation avec départ de l'un des groupes NO_2, on n'obtient que de l'alcool 2.6-dinitrobenzylique



Il se produit donc, dans ces conditions, une scission de la chaîne latérale.

M. Max Wunder entretient la Société de l'*analyse des minerais de platine*. Dans un article récent, M. C. Holtz a décrit les anomalies qu'il a observées dans l'analyse d'un minerai de platine de l'Oural, anomalies qu'il explique par la présence d'un nouveau métal. M. Wunder a repris, avec M. V. Thüringer l'analyse de ce même minerai, et conclut que ce métal soi-disant nouveau n'est autre que le *rhodium*.

Aux principaux arguments de M. Holtz, les auteurs répondent comme suit :

1. Après réduction par le zinc, les mousses calcinées pèsent davantage que la somme que l'on obtient après traitement par l'acide nitrique et dosage du palladium, du cuivre et du résidu insoluble.

Réponse : Il reste ordinairement à la première pesée des traces notables d'oxyde de zinc dans les mousses ; cet oxyde se dissout ensuite dans l'acide nitrique et n'est pas de nouveau dosé dans la solution.

2. Dans la liqueur jaune qui reste après la précipitation du palladium et du cuivre, on obtient, par réduction au moyen du zinc, une mousse qui, après forte calcination, est insoluble dans les acides, et qui, par fusion avec le bisulfate de potasse, donne un sel soluble rouge-brun.

Réponse : Ces propriétés appartiennent au rhodium. Celui-ci, chauffé au rouge avec du cuivre, forme avec lui un alliage qui est attaquable par l'acide nitrique, de sorte que le rhodium passe en partie en solution et est ensuite reprécipité par le zinc.

3. Le produit obtenu par fusion avec le bisulfate de potasse ne donne, après avoir été repris par l'eau, aucun précipité blanc de sulfate basique, ainsi que le ferait le rhodium.

Réponse : En fondant le rhodium avec le bisulfate de potasse on obtient un produit entièrement soluble, à condition que l'on ne chauffe pas trop fort. Le sulfate de rhodium insoluble ne se forme

que lorsque le bisulfate de potasse est en majeure partie décomposé par la chaleur.

M. A. Kuhne fait part de ses observations sur la *formation de l'ozone par la lumière ultra-violette.* Récemment un expérimentateur a cru pouvoir affirmer que l'oxygène chimiquement pur et sec ne subit aucune transformation sous l'action des radiations de courtes longueurs d'onde, ce qui confirmerait l'hypothèse de Bordier et Nogier. Or, on sait que la photo-ozonisation est une question de longueur d'onde; il s'agissait donc, pour obtenir de l'ozone, d'employer les radiations utiles dont la longueur d'onde est d'environ 0,183 μ et qui sont les plus absorbées par l'air. Ce point paraissant avoir été négligé, l'auteur a repris l'étude de cette question, et il ressort de ses expériences que l'oxygène chimiquement pur et sec subit une polymérisation sous l'action de la lumière ultra-violette.

A. P.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

GÉOLOGIE

Andrée K. — Ueber die Bedingungen der Gebirgsbildung. Vol. in-8 de 101 p. Bornträger édit. Berlin.

La question de l'origine première des dislocations de l'écorce terrestre préoccupe depuis longtemps les géophysiciens sans qu'on soit encore parvenu à lui donner une solution qui s'impose à la généralité des savants.

C'est cette question que M. Andrée aborde après beaucoup d'autres dans un petit volume d'une centaine de pages. Dans un premier chapitre il discute successivement les diverses théories qui ont été proposées pour l'explication des phénomènes orogéniques : d'abord celle de la contraction terrestre par refroidissement qu'il rejette comme inapplicable à la plupart des formes de dislocation connues, puis la théorie tétrahédrique qu'il n'accepte pas non plus, puis l'hypothèse développée par Böhm von Böhmersheim de contractions ou de tensions superficielles provoquées par des variations dans l'applatissement de l'ellipsoïde terrestre en relation avec des variations dans la vitesse de rotation, qu'il rejette encore, enfin la théorie des mouvements de glissements tangentiels dûs à des causes locales, développée par Reyer et Ampferer, et celle d'expansions régionales en relation avec des processus étendus de cristallisation sous pression, qu'il n'accepte pas telles quelles, mais auxquelles il reconnaît au moins une part de vérité.

Après ce chapitre plus spécialement critique M. Andrée cherche à résoudre le problème de la surrection des systèmes orogéniques dans les zones géosynclinales sans intervention d'un effort tangentiel généralisé. Il part pour cela d'une notion sur la constitution du globe terrestre qui est dérivée à la fois de celle développée par Wiechert et de celle qu'a proposé Suess. Il admet donc qu'autour d'un noyau, formé essentiellement de nickel et de fer, existe un manteau, épais de 1200 à 1500 kilomètres, de roches comprenant d'abord surtout des silicates de fer et de magnésie, puis vers la périphérie des silicates de plus en plus riches en alumine et en alcalis. Dans cette lithosphère il suppose, avec beaucoup d'auteurs, l'existence d'une zone plastique, qui se placerait à environ 100 kilomètres de profondeur.

La répartition des roches lourdes et riches en magnésie dites Sima et des roches plus légères riches en alumine dites Sal ne serait du reste pas régulièrement concentrique, le Sima pouvant arriver par places jusqu'à la surface, le Sal descendant au contraire ailleurs jusqu'à des profondeurs considérables et ceci de

façon qu'en général les dépressions du relief correspondraient à des émergeances du Sima, les saillants à des épaississements du Sal. De cette façon il y aurait déjà à des profondeurs peu considérables un équilibre de pression entre les régions continentales et les régions océaniennes.

Ceci posé les mouvements de l'écorce terrestre doivent être rattachés tous, d'après M. Andrée, à des mouvements se produisant dans la zone plastique et comparables à des flux de magmas (Unterströmungen). Ces mouvements profonds doivent être provoqués par des ruptures de l'équilibre isostatique déterminées elles-mêmes par des dilatations ou au contraire des contractions locales, se produisant en relation avec des phénomènes de cristallisation étendus. L'auteur développe longuement ce point de vue en se basant sur des travaux d'ordre très divers du domaine, soit de la chimie physique, soit de la sismologie, soit de la tectonique, soit de la volcanologie ; il cherche à expliquer le fait que les ridements se sont presque toujours produits sur la bordure des géosynclinaux, qu'ils se sont succédé en général de l'extérieur vers l'intérieur et qu'ils ont été nettement déterminés par des poussées unilatérales. Il insiste aussi sur le fait que l'arrière-pays des zones plissées présente le plus souvent des signes manifestes de tensions (failles, montées de magmas et éruptions), qui s'expliquent fort bien par des mouvements et des poussées locales, mais ne seraient pas compatibles avec la notion d'un effort tangentiel généralisé.

Parlant des relations qui peuvent exister entre les mouvements orogéniques et épirogéniques, M. Andrée admet que ces deux grandes catégories de mouvements doivent se rattacher à la même cause originelle, des mouvements profonds déterminés par des modifications moléculaires, se produisant dans certains cas dans le sens du rayon terrestre, dans d'autres cas parallèlement à la surface. Il cite à ce propos les travaux de Becke, de von Wolff, de Suess sur les types éruptifs des géosynclinaux en voie de plissement et des régions en voie d'effondrement. Dans le cycle des mouvements de la lithosphère il admet que les mouvements fondamentaux se font dans le sens du rayon terrestre, déterminant ainsi des surrections ou des enfoncements épirogéniques ; puis, ces mouvements déterminant des perturbations profondes dans l'équilibre isostatique, ils sont bientôt suivi de mouvement de flux horizontaux et par conséquent de ridements orogéniques.

Dans un dernier chapitre M. Andrée discute la question de savoir si à l'époque actuelle des mouvements orogéniques se produisent encore ; il examine à ce point de vue spécialement le seuil de la région médiane de l'Océan atlantique ; il arrive à la conclusion que ce seuil, loin d'être en voie de surrection et de ridement, doit plutôt s'enfoncer. Par contre il admet comme probables des mouvements orogéniques actuels dans la zone géosynclinale de la région occidentale du Pacifique, le long des côtes d'Asie et des îles océaniennes. C. S.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1913

Décembre

342. Albrecht (Eduard). Untersuchungen über Polyphenylaethane. *Dissert.* Zürich (Prof. Schmidlin).

343. Azadian (A.). Dosage des alcaloïdes. Application aux préparations de noix vomique. Lausanne. — *J. suisse de chimie* **51.** 761.

344. Azarapetian (Artwart). Etude expérimentale sur l'action pharmacodynamique de la paraoxyphényléthylamine. *Thèse.* Genève (Prof. Mayor).

345. Bach (A.). Ueber den Mechanismus der Oxydations-Vorgänge. Genf. Privatlab. — *Berichte* **46.** 3864.

346. Bach (A.). Zur Kenntnis der Reduktionsfermente. Genf. Privatlab. — *Biochem. Zeitschr.* **58.** 205.

347. Baragiola (W. I.) und Godet (Ch.). Darstellung der Ergebnisse einer Weinuntersuchung im Sinne der neueren chemisch-physikalischen Lehren. Wädenswil. Chem. Abt. der schweiz. Versuchsanstalt. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **53.** 100.

348. Berg (Richard). Ueber die Aether des Oxyhydrochinonphthaleins. *Dissert.* Lausanne (Prof. Kehrmann).

349. Blanc (Charles). Untersuchungen über basische Salze des Chroms und Eisens. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

350. Bobotek (Janusz). Zur Kenntniss des Verhaltens von Kohlenoxyd bei tiefen Temperaturen. *Dissert.* Freiburg (Prof. von Estreicher).

351. Dutoit (Paul). Une orientation de la chimie analytique. Lausanne. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **36.** 521.

352. Dutoit (Paul) et Duboux (Marcel). Dosage des sulfates du vin par volumétrie physico-chimique. Lausanne. — *Bull. de la Soc. chimique* **13.** 1068.

353. Ehrensperger (Heinrich). Brennstoff-Ketten bei hoher Temperatur. *Dissert.* Zürich (Prof. Baur).

354. Ephraim (Fritz) und Linn (Richard). Ueber die Natur der Nebenvalenzen. Der Einfluss des Neutralteils auf die Beständigkeit von Komplexen. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 3742.

355. Fellenberg (Th. v.). Tabelle zur Ermittlung des Traubenzuckers, Invertzuckers, Milchzuckers und Malzzuckers aus dem gewogenen Kupferoxydul. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **4.** 369.

356. Fichter (Fr.) und Oesterheld (G.). Ein elektrischer Wolframrohr-Vakuumofen. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Verh. der naturf. Ges. in Basel* **24.** 124.

357. Forsen (L.). Die Phylline des Chlorophylls A, ihre Bildung durch Abbau und partielle Synthese. *Dissert.* Zürich (Prof. Willstätter).

358. Gury (Ed.). Graissage des cafés torréfiés. Berne. Lab. du service sanitaire féd. — *Travaux ch. alim.* **4.** 365.

359. Hausmann (Max). Die spontane Schwefelwasserstoffentwicklung der Leber und des Eierklars. Ein Beitrag zur Kenntnis der Sulfhydrylgruppe. St. Gallen. — *Biochem. Zeitschr.* **58.** 65.

360. Henny (Victor). Ueber die Einwirkung von Aminen auf Rhodamine. *Dissert.* Zürich (Prof. Ceresole).

361. Kehrmann (F.), Oulevay (A.) und Regis (F.). Ueber Derivate des Benzo-2.3-carbazols und des Benzo-3.4-carbazols. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 3712.

362. Krannichfeldt (Heinrich v.). Synthese des 2.3-Dioxyacetophenons. Bern. Chem. Inst. der Univ. — *Berichte* **46.** 4016.

363. Landolt (Alphons). Zur Unterscheidung von natürlichen Fruchtessenzen und künstlichen Fruchtäthern. *Dissert.* Aarau (Dr Werder).

364. Liebkind (M.). Sur les thiazines de la série de l'anthraquinone. *Thèse.* Genève (Dr Laubé).

365. Loth (Emiljan). Zur Kenntnis des Resorcinbenzeins und des Fluoresceins. *Dissert.* Lausanne (Prof. Kehrmann).

366. Muster (J. F.) und Woker (Gertrud). Ueber die Geschwindigkeit der Reduktion des Methylenblaus durch Glucose und Fructose und ihre Verwendung in der Harnanalyse. Bern. Inst. für physik.-chem. Biologie der Univ. — *Pflüger's Archiv* **155.** 92.

367. Niessen (Werner). Beitrag zur Kenntnis des Yttriums. *Dissert.* Zürich (Dr Jantsch).

368. Oesterle (O. A.) und Haugseth (E. R.). Ueber das Rheïn. cryst. des Handels. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **251.** 550.

369. Pamfil (G. P.). Pompe automatique à mercure. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. chim. phys.* **11.** 801.

370. Philippe (E.). Ueber quantitatives Sublimieren. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **4.** 351.

371. Pictet (Amé) et Bouvier (Maurice). Sur le goudron du vide. Genève. — *Comptes rendus* **157.** 1436.

372. Reich (Siegmund) und Koehler (Siegmund). Ueber die isomeren m-Nitro-brom-zimtsäuren. Genf. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 3727.

373. Reichinstein (D.). Zusammenhang zwischen elektrolytischen und rein chemischen Vorgängen. Zürich. — *Zeitschr. Elektroch.* **19.** 914.

374. Reverdin (Frédéric). Die chemische Industrie in der Schweiz im Jahre 1912. — *Chem. Industrie* **1913.** Nr. 24.

375. Reverdin (Frédéric) und Meldola (Raphael). Konstitution der Trinitro-p-aminophenole und der Trinitro-p-anisidine. Genf. Organ.-chem. Lab. der Univ. und London. Technical College Finsbury. — *J. prakt. Ch.* **88.** 785.

376. Reverdin (Frédéric) und Widmer (Karl). Nitrierung der Acylderivate des m-Amino-phenols und des m-Anisidins. Genf. Organ.-chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **46.** 4066.

377. Tahintzi (Phédon X.). Sur quelques dérivés de l'acide acridyl-ortho-benzoïque. *Thèse.* Genève (Dr Ferrario).

378. Tschirch (A.). Die Enzyme in ihrer Bedeutung für die Pharmakognosie. Bern. — *Schweiz. Wochenschr.* **51.** 765. 777. 798.

379. Willstätter (R.) und Stoll (A.). Untersuchungen über Chlorophyll. Methoden und Ergebnisse (Berlin) Zürich.

380. Wiss (Karl). Sur la décomposition de l'acide chlorhydrique par quelques métaux et l'application de cette réaction à la détermination du poids atomique du chlore. *Thèse*. Genève (Prof. Guye).

381. Woker (Gertrud) und Belencki (Elisabeth). Ueber die Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit bei den Reduktionsproben des Traubenzuckers durch die Gegenwart von Metallen im Harn. Bern. Inst. für physik.-chem. Biologie der Univ. — *Pflüger's Archiv* **155.** 45.

1914

Janvier

1. Aftandilian (Arménak T.). Etude pharmacodynamique de la méthylène-tétrahydropapavérine. *Thèse*. Genève (Prof. Mayor).

2. Baudisch (Oskar) und Mayer (Erwin). Photochemische. Studien zur Nitrat-und Nitritassimilation. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **89.** 175 ; *Naturwissenschaften* **2.** 199. 229.

3. Bosshard (E.) und Huggenberg (W.). Die Bestimmung des freien Aetzalkalis in Seifen. Zürich. Techn.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. angew. Ch.* **27.** 11.

4. Brun (Albert). L'exhalaison du Kilauea en 1910. Genève. — *Comptes rendus* **158.** 149.

5. Dandliker (Paul). Nouvelles recherches sur les quinolylcétones. *Thèse*. Genève (Dr Kaufmann).

6. Dhéré (Ch). Détermination photographique des spectres de fluorescence des pigments chlorophylliens. Fribourg. — *Comptes rendus* **158.** 64.

7. Duparc (L.). Sur les sables noirs de Madagascar et leur prétendue richesse en platine. Genève. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **37.** 37.

8. Haar (A. W. van der). Untersuchungen in der Familie der Araliaceae, speziell über die Glykoside und Oxydasen aus den Blättern von Polyscias nodosa und Hedera helix. Bern. Univ. — *Archiv der Pharm.* **251.** 632.

9. Herzfeld (E.). Versuche mit Triketohydrindenhydrat. Eine Methode zur quantitativen Bestimmung der $NH_2 \cdot COOH$-Gruppe. Zürich. Chem. Lab. der med. Univ.-Klinik. — *Biochem. Zeitschr.* **59.** 249.

10. Jungkunz (Rob.). Zur Bestimmung des Wasser-und Fettgehaltes in Butter mittels eines neuen Apparates. Basel. — *Chem.-Zeitung* **38.** 91.

11. Jungkunz (Robert). Ueber perborathaltige Waschpulver und ihre Analyse. Basel. — *Seifensieder-Zeitung* **41.** 4. 26.

12. Kehrmann (F.). Zur Abwehr. Lausanne. Organ. Univ.-Lab. — *Berichte* **47.** 84.

13. Kehrmann (F.) und Bohn (Adolf). Ueber krystallisierte Oxonium-carbonate. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **47.** 82.

14. Kehrmann (F.) und Danecki (A.). Ueber die Jodide des Methyl-phenazoniums. Vorläufige Mitteilung über Chromoisomerie von Onium-Verbindungen. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **47.** 279.

15. Klinger (Gabriel). Zur Frage der intermediären Bildung von Stickstofftrioxyd bei der Einwirkung von Sauerstoff auf Stickoxyd. Verhalten des Stickstofftrioxyds gegen Kaliumhydroxyd. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. angew. Ch.* **27.** 7.

16. Krannichfeldt (Heinrich von). Notiz über die Aceto-salicylsäure. Bern. Chem. Inst. der Univ. — *Berichte* **47.** 156.

17. Kreis (Hans). Modification eines Perforationsapparates. Basel. — *Chem.-Zeitung* **38.** 76.

18. Mayer (Erwin). Photochemische Studien zur Nitrat-und Nitritassimilation. *Dissert.* Zürich (Dr Baudisch).

19. Obermiller (Jul.). Die direkte Bildung der isomeren Nitrobenzolsulfonsäuren. Basel. Univ.-Lab. — *J. prakt. Ch.* **89.** 70.

20. Obermiller (Julius). Ueber Selbstorientirung von Substituenten beim Eintritt in den Benzolring. Basel. — *Zeitschr. angew. Ch.* **27.** 37.

21. Orechoff (Alex). Ueber eine neue Synthese einiger Inden-Derivate. Genf. Lab. für theor. und techn. Ch. an der Univ. — *Berichte* **47.** 89.

22. Petroni (Constantin). Recherches sur les produits obtenus par la pyrogénation du pétrole brut de Bustenari (Roumanie) et de ses dérivés. *Thèse.* Genève (Prof. Guye).

23. Poll (Auguste). Sur la synthèse de bases chimiquement voisines de la quinine. *Thèse.* Genève (Dr Kaufmann).

24. Reden (U. von). Destillationskolben und Kochkolben. Zürich. — *Chem.-Zeitung* **38.** 20.

25. Reichinstein (O.). Review and Interpretation of recents experiments which extend and elucidate the domain of the passivity of Metals. Zürich. — *Chem. News* **109.** 1. 15.

26. Rupe (H.) und Jæger (Alphons). Untersuchungen über den Einfluss der Konstitution auf das Drehungsvermögen optisch-aktiver Substanzen. Optisch-aktive Kohlenwasserstoffe aus Citronellal. Basel. Chem. Lab. der Univ. — *Annalen* **402.** 149.

27. Rupe (H.), Steiger (H.) und Fiedler (F.). Einige Derivate der Zimtsäure. Basel. Univ.-Lab. — *Berichte* **47.** 63.

28. Schlæpfer (P.). Die Wasserbestimmung in festen und flüssigen Brennstoffen durch Destillation mit Xylol. Zürich. Eidg. Prüfungsanstalt für Brennstoffe. — *Zeitschr. angew. Ch.* **27.** 52.

29. Schmidlin (J.). Das Triphenylmethyl (Stuttgart) Zürich.

30. Schneider (Fritz). Recherches sur la réduction des oxydes d'azote par l'hydrogène en présence de nickel. *Thèse.* Genève (Dr Briner).

31. Sobel (L.). Quantitativer Nachweis von Aceton im Harn. Basel. Oeffentl. Lab. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **52.** 62.

32. Sperber (Joachim). Verdrängung von Säuren durch Wasserstoffsuperoxyd. Zürich. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **52.** 2.

33. Tschannen (Alfred). Der Glykogengehalt der Leber bei Ernährung mit Eiweiss und Eiweissabbauprodukten, ein Beitrag zur Frage der Funktion der Leber bei Verarbeitung von Eiweiss und Eiweissabbauprodukten. Bern. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **59.** 202.

34. Warynski (T.) et Langel (J.). Action du citrate d'ammonium sur les phosphates mono-, bi- et tricalcique. Genève. Lab. de ch. anal. de l'Univ. — *Annales ch. anal.* **19.** 1.

35. Werner (Alfred). Ueber die Konstitution und Konfiguration von Verbindungen höherer Ordnung. Zürich. — *Naturwissenschaften* **2.** 1.

36. Würgler (Jakob). Verhalten der Aminosäuren gegen Neutralsalze. *Dissert.* Zürich (Prof. Pfeiffer).

37. Ziegler (J. H.). Die Umwälzung in den Grundanschauungen der Naturwissenschaft (Bern) Winterthur.

Février

38. Abelin (J.). Ueber das Verhalten des Neosalvarsans und des Salvarsans im Organismus. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Arch. exper. Pathol.* **75.** 317.

39. Bach (A.). Ueber das Wesen der sogenannten Tyrosinasewirkung. Genf. Privatlab. — *Biochem. Zeitschr.* **60.** 221.

40. Barladean (A. G.). Zur Prüfung des destillirten Wassers auf Reinheit. Bern. Botan. Inst. der Univ. — *Pharm. Zentralhalle* **55.** 115.

41. Duparc (L.) et Guci (C.). Sur la variation dans la composition chimique des eaux d'infiltration. Genève. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **37.** 146.

42. Erdmann. Zum Nachweis von Jod im Harn. Zum Nachweis von Nitraten in Milch. Basel. Physiol.-chem. Lab. von H. Pfau. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **52.** 93.

43. Guber (A.). Adrenalin (Suprarenin) als physiologisches Gegengift gegen Morphin. Zürich. Pharm. Inst. der Univ. — *Arch. exper. Pathol.* **75.** 333.

44. Gurewitsch (Efim). Ueber optisch aktive Chloro-nitro- und Nitro-isorhodanato-diaethylendiaminkobaltisalze. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

45. Kohlschütter (V.) und Frumkin (A.). Zur Kenntnis der Formen des Phosphors. Ueber die Umwandlung von Phosphordampf in der Glimmentladung. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Zeitschr. Elektroch.* **20.** 110.

46. Kreis (Hans) und Arragon (Charles). Zur Säurebestimmung in Mehlen. Basel und Lausanne. — *Zeitschr. angew. Ch.* **27.** 120.

47. Lubinski (Mordcha Max). Bestimmungen der nach peroraler Verabreichung verschiedener Salicylsäure-Präparate im Urin ausgeschiedenen Salicylsäure. *Dissert.* Bern (Prof. Bürgi).

48. Monnier (A.). Détermination du pouvoir diastasique des extraits de malt. Genève. Univ. — *Annales ch. anal.* **19.** 51.

49. Niggli (P.). Ueber Gesteinsserien metamorphen Ursprunges. Zürich. — *Tchermaks Mitt.* **31.** 477.

50. Pfau (H.). Ueber Nachweis von Eiweiss im Harn mittels Esbachschem Reagens in Gegenwart von Hexamethylentetramin. Basel. Physiol.-chem. Lab. — *Pharm. Zeitung* **59.** 103.

51. Reverdin (Frédéric) et Widmer (Karl). Nitration des dérivés acylés du m-aminophénol et de la m-anisidine. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **37.** 155.

52. Tunmann (O.). Beiträge zur angewandten Pflanzenmikrochemie. Zur Mikrochemie von Fungus Laricis. Bern. — *Apotheker-Zeitung* **29.** 120.

53. Tunmann (O.). Ueber Radix Ononidis. Bern. — *Ber. dtsch. pharm. Ges.* **24.** 55.

54. Wunder (Max) et Suleimann (A.). Sur la solubilité et l'insolubilisation de la silice en solution chlorhydrique, nitrique et sulfurique. Genève. Lab. de ch. anal. de l'Univ. — *Annales ch. anal.* **19.** 45.

MESURES DU COURANT ÉLECTRIQUE

PASSANT DE L'ATMOSPHÈRE A LA TERRE

faites à Altdorf et à Fribourg

MAI 1914

HEURE	ALTDORF			FRIBOURG			TEMPS
	λ	P. G.	Courant	λ	P. G.	Courant	
			15 mai				
6-7 a.	263	51	45	62	76	15	A l'une et l'autre station couvert, pluvieux à Altdorf, vent N.-E. modéré.
7-8	—	pluie	—	87	131-186	48	
8-9	—	»	—	118	130- 90	44	
9-10	—	—	—	203	80	54	
10-11	553	133	245	168	69	88	
11-12	477	92	146	173	75	43	
1-2 p.	619	56	115	251	68	57	
2-3	541	163-300	—	198	68	46	
3-4	651	-400 jusq. +350	—	176	72	42	
4-5	814	- 8	- 22	195	64	41	
5-6	368	+ 37	45	187	61	38	
6-7	328	+133	145	197	62	41	
7-8	650	49	106	207	58	41	
8-9	521	50	87	188	68	43	
9-10 p.	—	—	—	166	77	42	
			22 mai				
5-6 a.	703	25	59	196	59	38	Très beau à Altdorf. A Fribourg, très beau le matin, nuageux dans l'après-midi, calme.
6-7	352	51	60	112	78	29	
7-8	248	76	63	119	93-237	—	
8-9	309	100	109	178	52	30	
9-10	423	85	120	193	50	33	
10-11	486	85	138	241	65	53	
11-12	381	100	127	222	61	45	
1-2 p.	399	221	296	245	78	64	
2-3	400	110	161	253	70	59	
3-4	510	86	150	266	67	60	
4-5	505	88	148	284	47	44	
5-6	566	56	72	299	80	81	
6-7	642	42	90	367	60	73	
7-8	595	58	115	269	67	61	
8-9	687	41	94	274	65	59	
9-10 p.	836	22	61	313	60	63	

Abréviations

λ = conductibilité par ions négatifs et positifs en unités électrostatiques $\times 10^6$

P. G. = gradient du potentiel en volts par mètre, réduit sur terrain plat

Courant vertical, en unités électrostatiques $\times 10^8$

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE MAI 1914

Le 1, pluie dans la nuit et de 7 h. à 10 h. du matin.
2, forte bise toute la journée.
3, orage à 5 h. du soir ; pluie dans la nuit.
4, pluie de 7 h. à 9 h. du matin ; orage et pluie dans la nuit.
5, pluie de 7 h. à 9 h. du matin, de 3 h. à 4 h. du soir ; orage à 7 h. du soir, pluie de 7 h. 30 m. à 8 h. 30 m. du soir.
6, petites pluies dans la matinée et la soirée.
7, pluie de 7 h. à 9 h. du soir.
8, pluie de 3 h. à 8 h. du soir ; pluie dans la nuit.
9, pluie de 7 h. du matin à 10 h. du soir ; pluie dans la nuit.
10, pluie de 7 h. à 10 h. du matin ; pluie dans la nuit ; nouvelle chute de neige sur le Salève.
11, petite pluie à 7 h. et à 10 h. du matin.
12, pluie de 8 h. du matin à 9 h. du soir.
13, rosée le matin.
les 15 et 16, très forte bise toute la journée.
le 18, petite pluie de 4 à 5 h. du soir.
23, fort vent toute la journée et pluie dans la nuit.
24, pluie de 10 h. du matin à 6 h. du soir.
25, petite pluie dans la matinée ; violente bise de 1 h. à 10 h. du soir.
26, bise toute la journée et petite pluie dans la nuit.
27, pluie de 1 h. à 4 h. et de 7 h. à 9 h. du soir.
28, petite pluie le matin.

GENÈVE — MAI 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	25.8	26.5	28.7	26.48	+ 1.53	24.6	28.9	SSW. 1	SSW. 1	S. 0	SSW. 1	8.8	10	10	9	9	0.0	4.0	5
2	30.9	31.0	31 6	30.56	+ 5.58	28.6	31.9	N. 2	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 2	17.9	9	6	10	9	4 0	....	....
3	32.9	31.7	33.0	32.12	+ **7.10**	31.1	33.2	NNE. 1	NNE. 1	SE. 1	NNE. 1	6.5	9	5	9	6	6.3	4.8	4
4	33.4	32.1	29.8	31.86	+ 6.80	28.8	**33.5**	ESE. 0	SSW. 1	W. 1	SSW 1	6.1	9	5	9	7	4.2	10.3	7
5	29 0	26.4	25.8	26.96	+ 1.86	24.0	29.2	SSE. 1	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 2	13.9	10	2	9	7	6.6	5.2	4
6	26.4	25.3	23.9	25.37	+ 0.23	23.6	26.5	S. 1	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	11.4	8	9	9	7	4.8	0.8	1
7	23.5	25.2	25.0	24.32	- 0.86	23.1	25.3	SSE. 1	SSW. 1	W. 0	SSW. 1	7.3	10	8	1	9	3.6	1.1	2
8	23.6	22.3	22 4	23.05	- 2.17	22.0	24.8	SSE. 0	W. 1	N. 1	SSW. 1	6.7	9	10	10	9	2.2	19.3	11
9	22.7	24.2	25.5	23.70	- 1.56	21.4	25.7	SSE. 0	NE. 1	NNE 2	NE. 1	9.0	10	10	10	10	0.0	**30.6**	**23**
10	26.8	28.5	30.3	27.85	+ 2.54	25.0	30.5	SW. 0	NNE. 1	W. 0	NNE. 1	6.3	10	10	6	9	0.9	4.7	5
11	30.3	29.5	28.7	29.58	+ 4.23	28.4	30.4	SSE. 0	SSW. 1	SSW. 0	var.	2.5	10	9	9	8	2.2	0.2	1
12	27.5	28.5	30.6	28.58	+ 3.19	27.1	31.2	NNE. 0	SSW. 1	NNE. 1	SSW. 1	3.8	10	10	10	9	0.0	8.3	13
13	31.2	30.7	30 5	30.77	+ 5.33	29.9	31 4	NW. 1	NNE. 2	NNE. 0	NNE. 1	8.3	2	1	0	4	11.1	....	....
14	31.0	30 3	30 5	30.43	+ 4.95	29.7	31.0	NNW. 0	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 1	11.0	1	2	3	4	9.8	....	....
15	29.6	28.2	28.8	28.91	+ 3.38	28.1	30.0	NNW. 1	N. 3	NNE. 2	NNE. 2	14.1	0	4	0	2	9.8	....	....
16	28.0	26 7	26.8	27.22	+ 1.65	25.4	28.5	NNE 2	N. 2	NNE. 3	NNE. 2	22.2	9	2	0	2	10.4	....	....
17	28.2	27.9	27.7	27.67	+ 2.05	26.6	28.3	NNW. 1	NNE. 2	N. 0	NNE. 1	5.8	10	7	0	6	6.5	....	....
18	28.5	28.4	28.6	28.47	+ 2 81	28.1	28.8	E. 1	SE. 0	NE. 1	NNE. 1	2.3	9	3	6	5	5.9	0.4	1
19	29.5	29.9	30.0	29.49	+ 3.78	28.7	30.4	NNE 1	NNE. 2	SSW. 1	NNE. 1	7.3	2	2	1	1	13.1	....	....
20	31.2	30.9	31.4	30.96	+ 5.21	30.4	32.1	SSW. 1	NNE. 2	N. 1	NNE. 1	7.3	0	0	0	0	14.0	....	....
21	32.9	32 2	31.8	31.63	+ 5 83	30.0	32.9	SSW. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	4.6	0	0	0	0	14.0	....	....
22	33.2	32.3	31.7	**32.19**	+ 6.35	30.8	33.3	SSE. 0	NNW. 1	SW. 1	NNW. 1	2.5	0	0	2	0	14.2	....	....
23	30.5	28.5	28.5	29.39	+ 3.50	27.5	31.8	S 1	SSW. 3	SSW. 2	SSW. 1	10.8	0	1	5	3	13.1	2.7	4
24	26.6	26.0	24.9	26.06	+ 0.13	23.6	28.2	E. 0	NNE. 1	N. 1	NNE. 1	4.6	10	10	10	9	0.0	4.0	8
25	23.3	21.5	20.1	22.02	- 3.96	20.0	23.6	NNE. 1	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 2	**24.5**	8	5	10	8	6.9	0.8	2
26	19.8	20.6	21.8	**20.46**	**- 5.56**	**19.5**	22.1	NNE. 1	N 1	NNE. 1	NNE. 2	15.4	10	10	10	10	0.0	0.8	1
27	22.1	24.4	25.9	23.71	- 2.36	21.6	26.1	SSW. 0	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	5.0	10	10	10	10	0.0	2.7	5
28	26.4	27.7	27.6	27.03	+ 0.92	25.9	27.8	SW. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	4.0	10	10	9	10	0.0	0 3	1
29	26.3	25.7	25.4	26.04	- 0.12	25.2	27.7	NE. 1	NW. 1	NE. 1	NNE. 1	6.3	9	9	10	9	2.8	....	....
30	26.1	25.7	26.6	25.80	- 0.40	25.0	27.2	NNW. 1	N. 1	N. 1	N. 1	7.3	2	1	1	2	7.8	....	....
31	26 3	25.2	26.2	26.10	- 0.15	25.0	27 1	S. 0	NNE 1	E. 0	var.	3.3	5	3	3	5	10.6	....	....
Mois	27.86	27.54	27.75	27.57	+ 2.33							8.61	6.8	5.6	5.8	6.1	184 8	101.0	98

Jour du mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 9.3	+12.1	+10.5	+10.49	- 0.57	+ 8.8	+12.8	90	70	86	85	+16	66	98	8.8	- 1.3	1305
2	7.5	10.2	8.8	8.93	- 2.28	7.0	11.0	76	70	76	76	+ 7	67	90	8.5	- 1.7	1310
3	8.5	14.8	13.8	11.40	+ 0.05	7.3	16.5	80	62	82	74	+ 5	58	86	—	—	1310
4	11.8	20.0	18.1	16.35	+ 4.86	11.2	21.7	95	47	54	70	0	44	96	9.3	- 1.1	1315
5	12.1	17.9	13.6	14.37	+ 2.73	11.0	19.0	91	56	58	71	+ 1	50	93	9.8	- 0.7	1315
6	10.2	12.3	11.0	10.95	- 0.83	8.5	14.1	65	56	71	65	- 5	52	78	9.3	- 1.4	1325
7	11.2	15.5	12.5	12.61	+ 0.68	9.0	17.2	80	53	73	68	- 2	50	83	9.2	- 1.6	1365
8	12.4	17.7	12.6	13.76	+ 1.69	10.6	18.7	84	52	81	73	+ 3	51	97	9.2	- 1.7	1375
9	10.0	7.6	3.6	7.70	- 4.51	2.9	10.7	97	97	95	**96**	**+26**	90	98	8.5	- 2.5	1390
10	1.4	6.4	6.5	**4.70**	**- 7.66**	**0.2**	8.3	98	88	92	91	+21	76	**99**	—	—	1470
11	6.7	13.6	10.2	9.44	- 3.06	4.5	15.3	90	50	84	76	+ 6	48	92	8.5	- 2.7	1435
12	9.2	11.3	8.6	9.53	- 3.11	6.6	11.6	85	75	92	85	+15	73	93	9.0	- 2.3	1435
13	6.2	12.8	9.9	9.11	- 3.64	3.7	14.2	91	33	63	66	- 4	30	94	9.0	- 2.5	1475
14	9.1	13.0	11.1	11.01	- 1.91	7.5	15.3	65	43	66	60	-10	42	78	9.5	- 2.1	1430
15	9.4	13.6	9.6	10.33	- 2.74	5.9	15.3	78	58	66	69	- 1	52	82	10.3	- 1.4	1425
16	6.8	12.7	10.3	9.74	- 3.47	5.3	15.0	74	56	66	66	- 4	53	78	10.5	- 1.3	1440
17	9.1	12.3	12.0	11.07	- 2.28	7.8	15.0	80	64	78	73	+ 3	60	87	—	—	1360
18	10.3	16.0	11.6	12.41	- 1.08	8.5	17.8	85	61	80	73	+ 3	51	88	11.0	- 1.1	1395
19	12.4	16.6	15.4	13.54	- 0.08	7.8	18.2	78	65	75	73	+ 3	61	85	11.8	- 0.4	1405
20	14.1	19.8	16.5	16.07	+ 2.31	9.5	21.3	80	51	62	66	- 4	46	85	12.3	0.0	1355
21	14.6	22.3	18.0	17.21	+ 3.31	9.4	23.8	70	43	67	61	- 9	41	80	—	—	1345
22	15.1	22.6	21.8	19.39	+ 5.36	11.2	**27.8**	74	48	46	59	-11	37	82	14.8	+ 2.3	1370
23	18.4	26.0	19.0	**21.05**	**+ 6.88**	14.5	26.4	66	29	48	**47**	**-23**	**29**	72	13.7	+ 1.1	1385
24	13.8	12.7	11.7	13.35	- 0.95	11.0	18.6	97	98	93	90	+20	66	98	—	—	1395
25	11.7	15.1	11.2	12.62	- 1.82	8.2	15.8	85	61	75	74	+ 4	54	93	11.7	- 1.2	1435
26	8.3	10.6	9.8	9.59	- 4.98	6.9	11.7	83	75	70	77	+ 7	66	90	12.0	- 1.0	1425
27	7.8	9.9	8.8	8.96	- 5.74	7.0	11.8	91	73	89	81	+11	72	92	11.5	- 1.6	1425
28	9.2	10.3	9.2	9.23	- 5.60	7.2	11.5	90	71	70	78	+ 8	61	94	11.7	- 1.5	1425
29	8.7	12.1	9.8	9.81	- 5.15	6.2	13.4	76	51	70	66	- 4	50	85	11.8	- 1.6	1420
30	10.3	14.7	12.6	11.81	- 3.28	6.2	16.8	78	54	70	67	- 3	46	84	12.0	- 1.5	1425
31	+11.8	+16.7	+13.5	+13.18	- 2.03	+ 7.3	+18.7	76	54	76	68	- 2	51	83	—	—	1385
Mois	+10.27	+14.49	+11.95	+11.93	- 1.27	+ 7.70	+16.31	82	60	73	72	+ 2			10.55	- 1.17	1387

MOYENNES DE GENÈVE. — MAI 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	26.80	26.59	27.50	27.78	27.32	27.00	27.23	27.59	27.23
2e »	29.36	29.20	29.50	29.56	29.10	28.61	28.88	29.46	29.21
3e »	26.66	26.38	26.69	26.71	26.33	25.89	26.04	26.52	26.40
Mois	27.58	27.36	27.86	27.98	27.54	27.13	27.34	27.81	27.57

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 9.98	+ 9.16	+ 9.44	+11.39	+13.45	+12.69	+12.18	+10.72	+11.13
2e »	8.13	7.27	9.33	12.12	14.17	14.66	13.23	10.91	11.23
3e »	10.99	9.81	11.88	14.15	15.73	16.39	14.66	12.71	13.29
Mois	+ 9.74	+ 8.78	+10.27	+12.61	+14.49	+14.64	+13.40	+11.49	+11.93

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	.85	.86	.86	.75	.65	.70	.71	.78	.77
2e »	.81	.84	.81	.69	.56	.57	.64	.75	.71
3e »	.77	.84	.81	.68	.60	.57	.62	.71	.70
Mois	.81	.85	.82	.70	.60	.61	.66	.75	.72

Dans ce mois l'air a été calme 151 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{121}{47} = 2.57$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.....	27.72
Nébulosité	6.1
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+12°.24
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$..	+12°.16
Fraction de saturation.....	72 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875).	725.24
Nébulosité..	(1847-1875).	5.8
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	79mm.2
Nombre de jours de pluie.	(id.).	12
Température moyenne...	(id.).	+13°.20
Fraction de saturat.	(1849-1875).	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	117.8	92.7	109.1	94.1	93.5	95.1	97.0

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	120.9	101.0	104.7	107.4	136.3	101.4

Insolation à Jussy : 150.3 h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE MAI 1914

Les 1, 3, 9, 10, 27 et 29, brouillard et neige.
2, 11, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 28, 30 et 31, brouillard.
5, 6, 7, 24 et 25, neige.
10 et 11, forte bise.
25 et 26, fort vent.
le 5, orage à 9 h. 30 m. du soir.

GRAND SAINT-BERNARD — MAI 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	62.4	63.4	65.0	63.6	+ 0.9	62.2	65.8	NE 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	15.7	10
2	66.3	67.0	68.5	67.3	+ 4.5	65.8	69.7	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	10	2	6	6	...	....
3	70.5	70.7	71.2	70.8	+ 7.9	69.7	71.5	SW. 1	SW. 0	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	7.0	3
4	70.8	71.1	70 7	70.9	+ 7.9	70.1	71 4	SW. 1	SW. 0	SW. 0	calme	4	1	0	2	....	....
5	67.3	66.0	63.7	65.7	+ 2.6	63.0	69.2	SW. 1	SW. 0	SW. 0	calme	10	2	10	7	29.0	**16**
6	62.0	61.8	61.6	61.8	- 1.4	61.5	63.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	2	9	7	6.0	4
7	61.5	63.0	63 8	62.8	- 0.5	61.5	63.8	NE. 1	NE. 0	NE. 0	calme	10	8	2	7	0.2	....
8	63.0	63.1	62.4	62.8	- 0.6	61.6	63.3	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	3	10	10	8	16 7	9
9	60.4	60.5	59.8	60.2	- 3.3	59.8	61.6	NE. 2	SW. 1	SW. 1	SW 1	10	10	10	10	**30.4**	15
10	59.8	61.8	63.5	61.7	- 1.9	59.8	63.7	NE. 3	NE. 2	NE. 3	NE. 3	10	10	10	10	....	...
11	63.8	65.1	65.8	64.9	+ 1.2	63.7	65.8	NE. 3	NE. 1	NE. 0	NE. 1	10	10	0	7	...	...
12	64.8	65 0	65.0	64.9	+ 1.1	64.7	65.1	SW. 2	SW. 1	NE. 1	SW. 1	8	10	10	9	10 9	6
13	61.4	65.7	66.3	65.5	+ 1.6	64.3	66.3	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	1	10	7	....	....
14	65.3	66.0	65.5	65.6	+ 1.6	65.2	65 8	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	8	2	10	7	....	...
15	65 0	65.0	64.6	64.9	+ 0.8	64.0	66.0	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	0	10	10	7	10.0	6
16	63.5	64.0	64 5	64.0	- 0.2	63.4	64 5	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	7	10	10	9	14.5	1
17	64.2	65 0	65.5	64 9	+ 0.6	64.1	65.5	SW. 0	SW. 2	NE. 1	var.	4	10	1	5	....	....
18	64.5	66.6	66.5	65.9	+ 1.5	64.5	67.1	SW. 1	SW. 0	NE. 1	var.	10	8	10	9	...	....
19	67.6	69.1	69.6	68 8	+ 4.3	67.1	69.8	NE. 0	SW. 1	SW. 0	calme	0	3	10	4	....	...
20	70.1	71.0	72.0	71.0	+ 6.4	69.8	72.0	SW. 0	SW. 0	SW. 0	calme	0	0	10	3	....	....
21	72.0	73.4	73.5	73.0	+ 8.3	72.0	73.8	SW. 1	SW. 0	SW. 0	calme	0	0	0	0	....	...
22	74.0	74.4	74 2	**74.2**	+ **9.4**	73 8	**74.5**	SW. 0	SW. 0	SW. 2	SW. 1	0	1	0	0	...	....
23	73.2	71.2	69.4	71.3	+ 6.4	67.8	74.0	SW. 2	SW. 1	SW. 0	SW. 1	10	10	7	9	....	...
24	65.6	64.3	64.0	64.6	- 0.4	63.4	67.8	SW. 2	SW. 1	NE. 1	SW. 1	10	10	0	7	12.0	10
25	62.0	61.8	60.1	61.3	- 3.7	59.7	63.4	SW. 3	SW. 1	NE. 1	SW. 2	10	10	10	10	....	....
26	59.2	59.5	60.0	**59.6**	- **5.5**	**59.1**	60.0	SW. 2	SW. 3	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	....	...
27	59.3	61 2	61.5	60.7	- 4.5	59.2	61.6	SW. 2	SW. 1	NE. 1	SW. 1	10	10	10	10	30.0	14
28	61.8	63.0	63.1	62.6	- 2.7	61.6	63 1	NE 2	NE. 1	NE. 1	NE 1	10	10	10	10	15.3	....
29	61.4	61.3	62.6	61.8	- 3.6	61.2	63.0	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	10	10	10	10	8.0	4
30	63 2	63 5	64.2	63.6	- 1.9	63.0	64.2	SW. 0	NE. 0	NE. 1	calme	2	3	10	5	....	...
31	63.5	63.7	64.4	63.9	- 1.7	63.4	64.4	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	7	10	9	....	...
Mois	64.92	65.43	65.56	65.30	+ 1.46							7.3	6.8	7.6	7.2	205.7	98

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Écart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	- 1.5	+ 1.0	- 2.3	- 0.9	+ 0.5	- 2.4	+ 1.8	97	85	95	92	72	98
2	- 2.2	1.1	+ 0.8	+ 0.9	+ 2.2	- 2.5	5.0	94	52	80	75	46	97
3	- 0.7	1.3	- 0.4	0.0	+ 1.1	- 0.8	3.4	95	83	94	91	76	97
4	+ 0.6	5.4	+ 2.3	+ 2.8	+ 3.8	+ 0.3	7.1	83	51	60	65	45	90
5	+ 0.3	+ 7.2	- 2.4	+ 1.7	+ 2.6	- 3.3	9.0	95	42	95	77	34	97
6	- 4.6	- 0.7	- 3.4	- 2.9	- 2.2	- 4.6	1.6	82	52	50	61	46	93
7	- 0.9	+ 5.3	- 1.4	+ 1.0	+ 1.6	- 3.5	5.5	85	43	66	65	43	86
8	+ 0.3	2.4	+ 0.8	+ 1.2	+ 1.6	- 1.5	2.8	69	60	92	74	56	95
9	0.0	+ 1.2	- 4.2	- 1.0	- 0.7	- 6.0	+ 2.0	96	97	96	**96**	90	98
10	- 6.8	- 2.9	- 6.2	- **5.3**	- 5.1	- 7.0	- 2.3	90	81	92	88	78	98
11	- 6.4	- 1.4	- 3.8	- 3.9	- 3.9	- 6.5	+ 0.2	92	95	93	93	58	96
12	- 1.1	+ 4.6	- 3.8	- 0.1	- 0.2	- 6.2	5.7	82	59	95	79	45	96
13	- 7.1	- 3.5	- 5.4	- **5.3**	- **5.6**	- **7.2**	0.1	96	55	98	83	45	98
14	- 5.2	0.0	- 3.5	- 2.9	- 3.3	- 5.7	1.2	80	57	97	78	48	**99**
15	- 4.8	+ 1.0	- 3.4	- 2.4	- 2.9	- 5.0	+ 2.3	75	57	97	76	50	98
16	- 4.0	- 3.4	- 4.7	- 4.0	- 4.7	- 5.2	- 1.3	87	81	92	87	66	94
17	- 3.6	+ 1.7	- 2.9	- 1.6	- 2.4	- 5.4	+ 4.6	76	58	81	72	47	83
18	- 1.2	1.8	- 1.1	- 0.2	- 1.1	- 3.2	5.2	84	66	76	75	53	86
19	+ 0.8	7.2	+ 1.8	+ 3.3	+ 2.2	- 1.6	10.1	67	42	96	68	34	98
20	3.0	9.1	3.0	5.0	+ 3.8	+ 1.5	11.2	60	40	96	65	36	97
21	3.8	9.8	4.6	6.1	+ 4.8	1.9	11.1	57	40	82	**60**	36	85
22	4.5	10.4	7.7	**7.5**	+ **6.1**	4.2	**14.1**	73	39	73	62	**32**	88
23	4.6	5.7	+ 3.9	4.7	+ 3.1	+ 2.7	7.0	96	82	72	83	66	96
24	0.9	3.3	- 0.2	1.3	- 0.4	- 0.4	3.6	98	82	94	91	71	98
25	+ 0.1	3.5	- 0.4	+ 1.1	- 0.7	- 1.4	4.8	95	74	91	87	66	96
26	- 1.7	+ 0.2	- 0.6	- 0.7	- 2.6	- 1.7	0.6	96	84	95	92	78	98
27	- 1.2	- 0.7	- 2.6	- 1.5	- 3.6	- 2.8	0.2	90	94	90	91	88	96
28	- 2.8	+ 0.9	- 2.7	- 1.5	- 3.7	- 3.0	2.1	95	78	90	88	74	96
29	- 2.9	1.0	- 3.2	- 1.7	- 4.0	- 3.5	2.3	94	62	94	83	57	95
30	- 2.5	3.3	- 0.8	0.0	- 2.4	- 4.2	7.6	76	52	94	74	36	96
31	- 1.6	+ 4.6	- 0.7	+ 0.8	- 1.7	- 1.8	+ 7.8	95	64	95	85	50	97
Mois	- 1.42	+ 2.69	- 1.14	+ 0.04	- 0.47	- 2.77	+ 4.34	85	65	87	79		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MAI 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500^{mm} + **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	64.40	64.84	65.02	64.75	89	65	82	78
2e »	65.32	66.25	66.53	66.04	80	61	92	78
3e »	65.02	65.21	65.18	65.14	88	68	88	81
Mois	64.92	65.43	65.56	65.30	85	65	87	79

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne: $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne: $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 1.55	+ 2.43	— 1.64	— 0.25	— 0.60
2e »	— 2.96	1.71	— 2.38	— 1.21	— 1.50
3e »	+ 0.11	3.82	+ 0.45	+ 1.46	+ 1.21
Mois	— 1.42	+ 2.69	— 1.14	+ 0.04	— 0.25

Dans ce mois l'air a été calme 248 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{46}{45} = 1.02$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	102.1	143.3	163.7	205.7
Neige en centimètres....	—	22	49	98

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME TRENTE-SEPTIÈME

(4me PÉRIODE)

1914 — Nos 1 à 6

Pages

Bases physiques d'une théorie de la gravitation, par *A. Einstein* (traduit de l'allemand par Edouard Guillaume) 5

Définitions, Méthodes et Problèmes mathématiques relatifs à la théorie de la gravitation, par *Marcel Grossmann* 13

Sur l'aimantation alternative aux fréquences élevées, par *Ch.-Eug. Guye* et *Mlle A. Albert* (avec la planche I) ... 20

Sur les sables noirs de Madagascar et leur prétendue richesse en platine, par *L. Duparc* 37

La matière colorante des fleurs ultra-violettes, par *Gustave Michaud* et *J. Fidel Tristan* (avec les planches II, III et IV) 47

Résumé météorologique de l'année 1912 pour Genève et le Grand Saint-Bernard, par *Raoul Gautier* (suite et fin) 50

Sur la nature du champ moléculaire, par *Pierre Weiss* .. 105

Idem (suite et fin) 201

*

Pages

Indépendance de l'hystérésis alternative (fréquences élevées) de la vitesse des variations du champ magnétisant, par *A. Schidlof* et *Mlle A. Albert* 117

L'inscription des signaux hertziens, par *Albert Turpain* (avec les planches V et VI) 133

Sur la variation dans la composition chimique des eaux d'infiltration, par *L. Duparc* et *C. Guci* 146

Nitration des dérivés acylés du m-aminophénol et de la m-anisidine, par *Frédéric Reverdin* et *Karl Widmer* .. 155

Frottement intérieur des verres en fonction de la température, par *Ch.-Eug. Guye* et *Mlle S. Vassilief* (avec la planche VII) 214

Idem (suite et fin) 301

Quelques remarques concernant les lueurs crépusculaires du ciel, par *P. Gruner* 226

La magnétochimie des composés du nickel et la théorie du magnéton, par *B. Cabrera, E. Moles* et *J. Guzman*. 324

La nature des Rayons X, par *Augusto Righi* 335

Note sur une curieuse apparence de l'œil, frappé dans l'obscurité, par un faisceau intense de rayons ultraviolets, par *Gustave Michaud* et *J. Fidel Tristan* 345

Résumé météorologique de l'année 1913 pour Genève et le Grand Saint-Bernard, par *Raoul Gautier* 347

Idem (suite et fin) 435

Interférence des rayons Röntgen, par *W. Friedrich* (avec la planche VIII) 398

Recherches sur les ferments réducteurs, par *A. Bach* 409

Sur la m-anisidine et sur la diméthyl-m-anisidine, par *Frédéric Reverdin* et *Armand de Luc* 423

Considérations thermodynamiques sur les équilibres photochimiques, par *A. Schidlof* 493

Recherches sur l'albitisation des roches éruptives, par *N. Smirnoff* 512

Charriage des alluvions dans certains cours d'eau de la Suisse, par *Léon W. Collet* 529

Pages

La poliomyélite antérieure aiguë ou maladie de Heine-Medin, par le Prof. *Ad. d'Espine* 534

Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice pendant les mois de décembre 1912, janvier, février, mars, avril et mai 1913 542

Compte rendu de la séance de la Société suisse de physique du 28 février 1914, à Bâle

Président. Partie administrative. — M. Laue. Sur les phénomènes d'interférences des rayons Röntgen. — F. Himstedt. Sur la double réfraction électrique. — Braun. Sur une mesure en valeur absolue du champ rayonné par la tour Eiffel à Strasbourg. — H. Veillon. Quelques expériences de radiotélégraphie. — Edgar Meyer et Walther Gerlach. Sur l'effet photoélectrique de particules ultramicroscopiques aux basses pressions. — A. Einstein. Méthode pour la détermination de valeurs statistiques d'observations concernant des grandeurs soumises à des fluctuations irrégulières. — Ed. Guillaume. Sur la vitesse de la lumière. — E. Ratnowsky. Sur la théorie électronique de la conductibilité électrique et calorifique. — O. Bloch. Sur une question de méthode dans l'enseignement de l'électrotechnique générale. — A. Jaquerod. Diffusion du néon à travers le verre ordinaire. — P. Chappuis. Sur la dilatation du mercure. — R. Trümpler. Nouvel instrument pour la détermination photographique des positions d'étoiles fondamentales. — H. Konen. *a)* Sur le rayonnement de résonnance des vapeurs de S, S*e*, T*e*, P et A*s*. — *b)* Sur les halos de lignes de séries des métaux alcalins. — J. de Kowalski. *a)* Sur une lampe à filament de tungstène utilisée comme source continue dans l'ultraviolet. — *b)* Sur les différents spectres du mercure du cadmium et du zinc. — F. v. Hauer. Sur quelques phénomènes de luminescence. — Matthies. Sur les relations entre la luminescence et l'ionisation. — Bernoulli. *a)* Dispositif pour engendrer des rayons restants et pour mesurer l'émission d'après la méthode de Hagen et Rubens. — *b)* Une démonstration élémentaire de la formule de Planck. — H. Zickendraht. Recherches sur les détecteurs à contact. — Fortrat. Actions du champ magnétique sur les bandes spectrales. — M. Ziegler. Sur les propriétés magnétiques de la Pyrrhotine. — De Freudenreich. Sur l'aimantation initiale en fonction de la température. — G. Foex. Le paramagnétisme des cristaux. — Pierre Weiss. Alliages des métaux ferromagnétiques. — Cabrera, Guzman et Moles. Etude magnétochimique des solutions de sulfate, de chlorure et d'azotate de nickel. — Albert Perrier. Remarques à propos de la nature du champ moléculaire. 249

Compte rendu de la séance de la Société suisse de chimie du 2 mai 1914, à Neuchâtel

Pages

Hommage à M. A. Werner. — Partie administrative. — A. Haller. Action de l'amidure de sodium sur les allyl-dialcoyl-acétophénones. — F. Kehrmann. Les carbonates d'oxonium. — M. Bouvier. Nouvelles observations sur le goudron du vide. — W.-I. Baragiola. Les états de combinaison du soufre dans le vin. — J. Dubski. L'isomérie de valence appliquée aux composés halogénés hétérogènes. — E. Briner. Sur le mécanisme de l'action chimique des décharges électriques. — M. Skossarewsky. Sur quelques propriétés des solutions de l'acétylène et de ses dérivés dans l'ammoniaque liquide. — F. Fichter. Essai d'une théorie du chargement de la soie par le chlorure stannique. — G. Jantsch. Etude des sels des terres rares avec les acides oxydicarboniques. — E. Ferrario. *a)* Oxydation des dérivés organomagnésiens. *b)* Sur les triaryl-méthyl-diphénylamines de Wieland 455

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève

Séance du 20 novembre 1913. — Amé Pictet. Nature chimique de la houille. — L. Duparc. Sur les sables noirs de Madagascar. 70

Séance du 4 décembre. — Albert Brun. La région volcanique de Olot, province de Gerona. — Emile Yung. Distribution verticale du Plankton dans le lac de Genève..... 73

Séance du 18 décembre. — Emile Yung. Deux cas tératologiques. — J. Briquet. Carpologie des Plychotis. — J. Carl. Nouveaux éléments américains dans la faune de Madagascar..... 76

Séance du 15 janvier 1914. — Aug. Bonna. Rapport annuel.... 168

Séance du 5 février. — Th. Tommasina. La nouvelle mécanique d'après Max Abraham. — Fridtjof Lecoultre. Contribution à l'étude de la grêle..... 168

Séance du 19 février. — Amé Pictet. Décomposition pyrogénée du pétrole de Bakou. — Eug. Bujard. Les courbures géométriques normales de l'embryon humain. — Th. Tommasina. La nouvelle mécanique et la théorie de la relativité..... 370

Séance du 5 mars. — L. Duparc. Synthèse de la Dunite platinifère. — Th. Tommasina. Le premier postulat de la théorie de la relativité et l'éther..... 375

Pages

Séance du 19 mars. — L. Stern et F. Battelli. Influence de la destruction cellulaire sur les différents processus d'oxydation dans les tissus animaux. — B.-P.-G. Hochreutiner. Quelques observations sur la famille des Tiliacées. — Th. Tommasina. Le rôle du champ moteur et la théorie de la relativité. 378

Séance du 2 avril. — B.-P.-G. Hochreutiner. Sur l'évolution du fruit dans le genre Grewia et sur l'anatomie de la feuille de deux nouvelles espèces de ce genre. — Th. Tommasina. Les pseudo-expériences et la densité mécanique de l'espace physique..... 469

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des Sciences naturelles, à Lausanne

Séance du 13 novembre 1913. — Grandjean et Wilczek. Présentation de clichés de champignons. — F. Porchet. Le tilleul de Prilly. — Dr H. Faes, Effets du gel des 13 et 14 avril 1913 sur les vignes greffées dans le vignoble vaudois..... 79

Séance du 3 décembre. — M. Moreillon. Contribution au catalogue des Zoocédicies de la Suisse. — P. Murisier. Cellules pigmentaires intraépidermiques des Amphibiens. — J. Perriraz. Cas anormal de développement de pommes de terre..... 80

Séance du 17 décembre. — Wilczek. Bracelet en bronze datant de l'époque gauloise. — L. Horwitz. A propos de l'écoulement des eaux en Europe..... 175

Séance du 7 janvier 1914. — Arthur Maillefer. L'ascension de la sève. — J. Perriraz. Observations sur la forme des flocons de neige. — M. Mercanton. Crâne de fœtus de Morse. — Id. Nouvel électromètre dit « à spirales » de M. Szilard..... 475

Séance du 21 janvier. — L. Horwitz. Sur le lias du massif de Bruns et de ses annexes (Alpes fribourgeoises)..... 478

Séance du 4 février. — H. Blanc. Nouveau groupe biologique « Campagne vaudoise ». — W. Morton. La collection générale des lépidoptères du Musée cantonal. — J. Amann. Nouveau microscope binoculaire. — J. Perriraz. Le cancer des plantes..... 479

Compte rendu des séances de la Société de Chimie de Genève

Séance du 13 novembre 1913. — A. Pictet et M. Bouvier. Distillation de la houille dans le vide. — E. Briner. Sur le rôle des atomes dans la vitesse de réaction..... 556

Pages

Séance du 11 décembre. — F. Reverdin et K. Widmer. Nitration des dérivés acylés du m-aminophénol et de la m-anisidine. — J. Timmermans. La solubilité mutuelle des liquides à haute pression. — L. Reutter. Nature des masses résineuses utilisées pour l'embaumement par les anciens Egyptiens et Carthaginois 559

Séance du 12 février 1914. — A. Pictet et S. Chahnazarian. Décomposition pyrogénée du pétrole. — A. Brun. L'acide sulfureux au Kilauea. — A. Orechoff. Nouvelle synthèse de dérivés de l'indène. — P. Wenger et L. Heinen. Electroréduction du phosphate disodique en solution acide 561

Séance du 12 mars. — S. Reich et A. Ioannissian. Essais dans le groupe de l'isindazol. — M. Wunder et V. Thüringer. Analyse des minerais platinifères. — A. Kuhne. Formation de l'ozone par la lumière ultra-violette 563

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

A. Turpain. La lumière 82
H. Ollivier. Cours de physique générale 82
Jean Perrin. Les atomes 177
A. Righi. La nature des rayons X 279
E. Rutherford. Les substances radioactives et leurs rayons 385
O.-C. Chwolson. Traité de physique 386
J. Danne, J. de Nobele, P. Giraud, G. Danne. Conférences de radiumbiologie 386
Sylvanus P. Thompson. Radiations visibles et invisibles .. 481

PHYSIQUE DU GLOBE

Charles Rabot et *L. Muret.* Supplément au XVIIe rapport sur les variations périodiques des glaciers 178

CHIMIE

A. Bistrzycki et *L. Ryncki.* Contribution à l'étude de la décarbonylation dans les composés organiques 83
P. Pfeiffer et *E. Kramer.* Contribution à la connaissance des nitro-tolanes 179
F. Kehrmann, A. Oulevay et *F. Regis.* Dérivés du benzo-2-3-carbazol et du benzo-3-4-carbazol 280

Pages

F. Kehrmann et *A. Bohn*. Sur le carbonate d'oxonium... 280
H. von Krannichfeldt. Note sur l'acide acéto-salicylique.. 281
H.-G. Söderbaum. Correspondance de Berzelius..... 482

GÉOLOGIE

E. Joukowsky et *J. Favre*. Monographie géologique et paléontologique du Salève (Haute-Savoie)..... 84
K. Andrée. L'origine première des dislocations de l'écorce terrestre..... 566

MINÉRALOGIE

Henry Le Chatelier. La silice et les silicates..... 387

GÉOGRAPHIE

Robert Perret. La géographie de Terre-Neuve..... 483

Liste bibliographique des travaux de chimie faits en Suisse..... 87
Idem..... 282
Idem..... 568

Liste bibliographique des travaux de géologie relatifs à la Suisse (1912)..... 180

Mesures du courant électrique passant de l'atmosphère à la terre, faites à Fribourg, à 2 h. 30 du soir, par *A. Gockel*.
Mois de Décembre..... 96

Mesures du courant électrique passant de l'atmosphère à la terre, faites à Altdorf et à Fribourg, par *B. Huber* et *A. Gockel*.
Mois de Janvier..... 191
» Février..... 292
» Avril..... 484
» Mai..... 576

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

Observations météorologiques faites pendant le mois de décembre 1913..... 97
Observations météorologiques faites pendant le mois de janvier 1914..... 193

Pages

Observations météorologiques faites pendant le mois de février 1914 293
Observations météorologiques faites pendant le mois de mars 1914 389
Observations météorologiques faites pendant le mois d'avril 1914 485
Observations météorologiques faites pendant le mois de mai 1914 577

New York Botanical Garden Library
3 5185 00274 104